

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Факультет біотехнології і біотехніки
Кафедра екобіотехнології та біоенергетики**

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

_____ Євгеній КУЗЬМІНСЬКИЙ
(підпис)

«___» _____ 2020р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

за освітньо-професійною програмою «Екологічна біотехнологія та біоенергетика»

спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія»

на тему: «Біотехнологія очищення стічних вод плодоовочеконсервного заводу та міста»

Виконала:

студентка IV курсу, групи БЕ-61

Проніна Яна Андріївна _____

Керівник:

асист., к.т.н.

Зубченко Людмила Сергіївна _____

Консультант з проектування:

Проф., д.т.н, проф.,

Саблій Лариса Андріївна _____

Рецензент:

к.т.н., асист.

Карпенко Юрій Володимирович _____

Засвідчую, що у цьому дипломному проєкті немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студентка _____

Київ – 2020 року

Національний технічний університет України

**«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»**

Факультет біотехнології і біотехніки
Кафедра екобіотехнології та біоенергетики

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 162 «Біотехнології та біоінженерія»

Освітньо-професійна програма «Екологічна біотехнологія та біоенергетика»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Євгеній КУЗЬМІНСЬКИЙ
(підпис) (ім'я, прізвище)

«__»_____ 2020р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Проніній Яні Андріївні

1. Тема проєкту «Біотехнологія очищення стічних вод
плодоовочеконсервного заводу та міста»

керівник проєкту к.т.н., асист. Зубченко Людмила Сергіївна,

затверджені наказом по університету від,

затверджені наказом по університету від «__»_____ 20__ р. №_____

2. Термін подання студентом проєкту _____

3. Вихідні дані до проєкту:

Розрахункова витрата стічних вод 45000 м³/добу, з них побутових 42000 м³/добу; промислове підприємство – плодоовочеконсервний завод; температура суміші СВ, що надходять на очисні споруди: середньорічна 20 °С, середньо зимова 14 °С, середньомісячна за літній період 22 °С, мінімальна середньомісячна 13 °С. Характеристика річки, в яку скидаються СВ: розрахункова витрата при 95% забезпеченості 15 м³/с; швидкість течії при розрахунковій витраті 2,3м/с; середня глибина річки становить 2,5 м; коефіцієнт звивистості 1,5; вид водокористування – рибогосподарське;

концентрація кисню в воді влітку 6; концентрація завислих речовин 15 мг/дм³; БСК_{повн} 3,5 мг/дм³; температура води влітку 15 °С; відстань по фарватеру річки до найближчого пункту водокористування– 2500 м.

4. Зміст пояснювальної записки:

Характеристика стічних вод плодоовочеконсервного виробництва; характеристика аеробного активного мулу, обґрунтування технології попереднього очищення стічної води плодоовочеконсервного заводу; біохімічні основи технологічного процесу очищення води; розрахунок показників суміші стічних вод міста та плодоовочеконсервного заводу; технологічна частина: вибір, розрахунок і характеристика обладнання для очищення суміші стічних вод міста та плодоовочеконсервного заводу; охорона праці й охорона довкілля.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо):

Технологічна схема біотехнології очищення стічних вод плодоовочеконсервного заводу та міста (А1); апаратурна схема біотехнології очищення стічних вод плодоовочеконсервного заводу та міста (А1); креслення аеробного стабілізатора (А1).

6. Консультанти розділів проекту*

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|-------------------------------------|---|----------------|------------------|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| Графічна частина дипломного проекту | д.т.н., проф. Саблій Л.А. | | |

7. Дата видачі завдання _____

* Консультантом не може бути зазначено керівника дипломного проекту.

Календарний план

| № з/п | Назва етапів виконання дипломного проекту | Термін виконання етапів проекту | Примітка |
|----------|--|------------------------------------|----------|
| 1 | Вступ | 01.05.2020 | |
| 2 | Розділ 1 | 10.05.2020 | |
| 3 | Розділ 2 | 15.05.2020 | |
| 4 | Розділ 3 | 20.05.2020 | |
| 5 | Розділ 4 | 25.05.2020 | |
| 6 | Розділ 5 | 30.05.2020 | |
| 7 | Висновки | 30.05.2020 | |
| 8 | Креслення А1 | 31.05.2020 | |

Студент

_____ Яна Проніна
(підпис)

Керівник проекту

_____ Людмила Зубченко
(підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 88 с., 6 рис., 8 табл.

В дипломному проекті приведено характеристика стічних вод плодоовочеконсервного заводу. Проведено пошук та вибір ефективної технології очищення стічних вод плодоовочеконсервного заводу з доведенням показників забруднень до значень дозволених для скиду в систему міської каналізації міста.

Представлено та описано технологію очищення суміші стічних вод плодоовочеконсервного заводу та міста. Для даної технології створено технологічну та апаратурну схеми. Розглянуто склад і властивості аеробного активного мулу. Проведено розрахунки необхідного ступеня очищення стічних вод та розрахунок споруд біологічного очищення. На підставі порахованих параметрів виконано креслення споруди для обробки осадів – аеробного стабілізатора.

Розраховано матеріальний баланс, вказано параметри контролю та описано заходи з охорони праці і охорони довкілля.

ПЛОДООВОЧЕКОНСЕРВНИЙ ЗАВОД, СТИЧНА ВОДА,
БІОТЕХНОЛОГІЯ, АЕРОБНИЙ СТАБІЛІЗАТОР, БІОЛОГІЧНЕ
ОЧИЩЕННЯ, СУМІШ, ОСАД.

ABSTRACT

Explanatory note: 88 pp., 6 figs., 8 tables.

The diploma project presents the characteristics of the wastewater of the fruit and vegetable cannery. The search and selection of an effective technology for wastewater treatment of the fruit and vegetable cannery was done. The selected technology of local wastewater treatment allows to reduce the pollution indicators enough to the city sewerage system reset rates.

The technology of wastewater treatment of fruit and vegetable cannery and the city is presented and described. Technological and hardware schemes are created according to this technology. The composition and properties of aerobic activated sludge are considered. Calculations of the required degree of wastewater treatment and calculation of biological treatment facilities were performed. On the basis of the considered parameters the drawing of a construction - the aerobic stabilizer is developed.

The material balance is calculated, control parameters are specified and measures on labor protection and environmental protection are described.

FRUIT AND VEGETABLE CANNERY, WASTEWATER, BIOTECHNOLOGY, AEROBIC STABILIZER, BIOLOGICAL TREATMENT, MIXTURE, SEDIMENT.

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| ВСТУП | 7 |
| РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА СТІЧНИХ ВОД ПЛОДООВЧЕКОНСЕРВНОГО ЗАВОДУ, БІОЛОГІЧНОГО АГЕНТА. ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ПЛОДООВЧЕКОНСЕРВНОГО ЗАВОДУ ТА МІСТА | 10 |
| 1.1. Характеристика стічних вод плодоовочеконсервного заводу | 10 |
| 1.2. Існуючі технології попереднього очищення стічних вод плодоовочеконсервного заводу | 14 |
| 1.3. Вибір технології очищення стічних вод плодоовочеконсервного заводу | 24 |
| 1.4. Розрахункові витрати стічних вод | 26 |
| 1.5. Розрахункові концентрації забруднень стічних вод | 26 |
| 1.6. Розрахунковий коефіцієнт змішування стічних вод з водою річки | 28 |
| 1.7. Необхідний ступінь очищення стічних вод | 29 |
| 1.8. Вибір та обґрунтування технології біологічного очищення стічних вод міста та плодоовочеконсервного заводу | 30 |
| 1.9. Характеристика біологічного агента | 32 |
| РОЗДІЛ 2. БІОХІМІЧНІ ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД МІСТА ТА ПЛОДООВЧЕКОНСЕРВНОГО ЗАВОДУ | 37 |
| 2.1. Схема перебігу процесів при аеробному окисненні органічних речовин | 37 |
| 2.2. Характеристика кінцевого продукту | 41 |
| РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА | 42 |
| 3.1. Сировина і матеріали | 42 |
| 3.2. Опис технологічного процесу біологічного очищення стічних вод плодоовочеконсервного заводу та міста | 44 |
| 3.3. Контроль виробництва | 51 |
| 3.4. Матеріальний баланс | 56 |
| РОЗДІЛ 4. ВИБІР І ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЛАДНАННЯ | 59 |
| 4.1. Розрахунок первинних відстійників | 59 |
| 4.2. Розрахунок аеротенка | 62 |
| 4.3. Розрахунок вторинних відстійників після аеротенків | 66 |
| 4.4. Розрахунок загальної витрати осадів | 67 |
| 4.5. Розрахунок аеробного стабілізатора | 70 |
| РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ | 73 |
| ВИСНОВКИ | 79 |
| ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ | 81 |
| ДОДАТКИ | 84 |

| | | | | | | | |
|----------|------|---------------|--------|------|---------------|--------------------------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ6116.ДП | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | |
| Розроб. | | Проніна Я.А. | | | ЗМІСТ | Стадія | Арк. |
| Конс. | | | | | | | |
| | | | | | | | 6 |
| Керів. | | Зубченко Л.С. | | | | | 88 |
| Затверд. | | | | | | КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ | |

ВСТУП

Консервна промисловість – це одна з найважливіших галузей харчової промисловості України, яка спеціалізується, головним чином, на виробництві плодоовочевих, м'ясних, рибних і молочних консервів. Консервування овочів та фруктів забезпечує їх тривале зберігання, високі смакові та харчові властивості, компенсує дефіцит плодоовочевих продуктів у зимово-осінній період. Плодоовочеві продукти є важливим джерелом вуглеводів, органічних кислот, мінеральних солей і вітамінів, але їх споживання у свіжому вигляді обмежується через сезонність і територіальні відмінності природних умов. Тому консервування овочів та фруктів дозволяє дещо зменшити вплив цих факторів і забезпечити збалансоване споживання овочів та фруктів в різних районах та протягом року.

В Україні плодоовочеконсервна промисловість є галуззю широкої спеціалізації і в багатьох областях народного господарства має профілююче значення. За обсягом валової продукції у структурі харчової індустрії вона посідає десяте місце, а за чисельністю промислово-виробничого персоналу – четверте.

Технологічний процес консервного виробництва тісно пов'язаний з утворенням великої кількості відходів, питома частка яких складає в середньому 25-40 % маси сировини, що переробляється. Обсяги утворення деяких відходів досить значні. Так, кількість різних відходів в плодоовочевій, консервній галузі України становить 0,5-0,9 млн. т. за рік (яблучні, ягідні та овочеві вичавки), та 0,1-0,12 млн. т. за рік (фруктові кісточки, шкаралупи горіхів) [1]. До відходів виробництва відносять залишки сировини й матеріалів, що утворилися в процесі виготовлення і не повністю втратили споживчу вартість вихідної сировини, які можуть бути використані в народному господарстві як сировина або добавка. Відходи містять у собі

| | | | | | | | |
|----------|------|---------------|--------|------|--------------------------------|------|---------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ6116.ДП | | |
| | | | | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | ВСТУП | | |
| Розроб. | | Проніна Я.А. | | | | | |
| Конс. | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| Керів. | | Зубченко Л.С. | | | | | |
| Затверд. | | | | | КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ | | |
| | | | | | Стадія | Арк. | Акрушів |
| | | | | | | 7 | 88 |

цінні харчові речовини, а тому можуть використовуватись на підприємствах як нова сировина чи напівфабрикати, перероблятись для виготовлення інших харчових і технічних продуктів або реалізовуватись іншим підприємствам.

Склад і кількість стічних вод, які утворюються на плодоовочевих консервних підприємствах, варіюють в дуже широких межах. Показники забрудненості і витрати стічних вод залежать як від потужності підприємства, так і від виду сировини, що переробляється. Основні джерела утворення забруднених вод – технологічні процеси: миття і сортування сировини, оброблення і термічна обробка (бланшування), приготування маринадів, розсолів, стерилізація, миття обладнання. Забруднення стічних вод консервних заводів представлені розчинними, колоїдними і дисперсними речовинами. В окремих випадках у стічні води переходить від 12 до 35% маси сировини. У значних кількостях можуть міститися рослинні і тваринні жири [2]. Як і інші сезонні виробництва, консервні заводи скидають стічні води нерівномірно протягом року. Максимальні витрати припадають на літньо-осінній період, коли відбувається масова переробка сировини. Для всіх стічних вод плодоовочевої консервної промисловості характерна тенденція до загнивання, закисання, що викликане присутністю вуглеводів, особливо цукру, що ускладнює їх очищення.

Більшість плодоовочеконсервних заводів України існують вже тривалий час і часто не мають систем водоочищення або обладнані старими очисними спорудами, які не справляються з забрудненнями. Часто стічні води надходять на міські очисні споруди взагалі без попереднього очищення або з перевищенням допустимих показників норм скидання стічних вод в каналізаційну мережу, що призводить до збільшення навантаження на міські очисні споруди і, як наслідок, забруднення гідросфери недостатньо очищеними стічними водами. Тому актуальним питанням є розробка технологічних схем очищення стічних вод плодоовочеконсервних заводів.

Метою дипломного проєкту є обґрунтування та вибір ефективної

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | <p style="text-align: center;">ЕКБ.БЕ6116.ДП</p> | Арк. |
| | | | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 8 |

технології біологічної очистки стічних вод овочеконсервного заводу та міста.

Об'єкт дослідження: стічні води міста та овочеконсервного заводу.

Предмет дослідження: біотехнологія біологічного очищення стічних вод міста та овочеконсервного заводу.

Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити такі завдання:

1. навести характеристику фізико-хімічного складу виробничих стічних вод овочеконсервного заводу, етапи їх утворення та очищення. Проаналізувати існуючі технології попереднього очищення стічних вод плодоовочеконсервного заводу та обрати найбільш ефективну;

2. розрахувати витрати і концентрації забруднень та визначити необхідний ступінь очищення суміші стічних вод міста та плодоовочеконсервного заводу; обґрунтувати та вибрати технологію очищення суміші стічних вод;

3. охарактеризувати аеробний активний мул як біологічний агент очищення стічних вод та розглянути основні біохімічні перетворення, які відбуваються в процесі очищення стічних вод; розробити технологічну та апаратурну схеми очищення суміші стічних вод міста та плодоовочеконсервного заводу;

4. розрахувати споруди для біологічного очищення та виконати креслення споруди для аеробної обробки осадів – аеробного стабілізатора;

5. розглянути основні заходи з охорони праці та охорони навколишнього середовища, які мають бути враховані при експлуатації водоочисної станції.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ6116.ДП | Арк. |
| | | | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 9 |

РОЗДІЛ 1 ХАРАКТЕРИСТИКА СТІЧНИХ ВОД ПЛОДООВЧЕКОНСЕРВНОГО ЗАВОДУ, БІОЛОГІЧНОГО АГЕНТА. ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ПЛОДООВЧЕКОНСЕРВНОГО ЗАВОДУ ТА МІСТА

1.1 Характеристика стічних вод плодоовчечеконсервного заводу

Кількість, склад і концентрація забруднень стічних вод підприємств плодоовочевої консервної промисловості залежать від багатьох чинників: виду продукції, що випускається, застосування систем повторного використання відпрацьованих вод, особливостей технологічного устаткування.

Стічні води утворюються в результаті окремих технологічних процесів: сортування сировини на конвеєрі, систематичне миття сировини і напівфабрикатів, оброблення напівфабрикатів і їх порціонування, термічна обробка або бланшування, розфасовка напівфабрикатів, заливка, стерилізація і автоклавування.

Стічні води містять механічні залишки і соки плодів і овочів, продукти їх розкладання, пісок і частки ґрунту, а також залишки миючих засобів антисептиків [3].

З метою економії свіжої води на плодоовчєвих консервних заводах для технологічних потреб передбачається оборотне водопостачання в циклах барометричних конденсаторів і гідротранспортування сировини.

Кількість відведення стічних вод знаходиться в прямій залежності від водоспоживання. Орієнтовні питомі витрати стоків на одну дисконтну банку консервів [6] становлять: для заводів плодоовчєвих консервів з томатним виробництвом при обороті води від барометричних конденсаторів – 6,5-8,5 дм³; без обороту води від барометричних конденсаторів – 14 дм³. При цьому вартів коефіцієнти нерівномірності припливу стічних вод для максимуму – 1,3, мінімуму – 1,5, а добовий коефіцієнт нерівномірності максимуму і мінімуму

| | | | | | | | | |
|----------|------|---------------|--------|------|---|-------------------------------|------|---------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ6116.ДП | | | |
| | | | | | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | |
| Розроб. | | Проніна Я.А. | | | ХАРАКТЕРИСТИКА СТІЧНИХ ВОД ПЛОДООВЧЕКОНСЕРВНОГО ЗАВОДУ, БІОЛОГІЧНОГО АГЕНТА. ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ПЛОДООВЧЕКОНСЕРВНОГО ЗАВОДУ ТА МІСТА | Стадія | Арк. | Акрушіє |
| Конс. | | | | | | | | |
| | | | | | | | 10 | 88 |
| Керів. | | Зубченко Л.С. | | | | КПІ ім. Ігоря Сікорського,ФБТ | | |
| Затверд. | | | | | | | | |

дорівнює одиниці.

Середньорічна кількість стічних вод плодоовочевих консервних заводів в середньому з оборотною системою водопостачання і повторним використанням води [1] на 1000 облікових банок консервів становить $3,05 \text{ м}^3$, з них виробничих – $2,95 \text{ м}^3$ і господарсько-побутових – $0,1 \text{ м}^3$. Коефіцієнти нерівномірності надходження стоків влітку і восени рівні 2, взимку – 0,6.

До складу стічних вод плодоовочевих консервних заводів входять: розчинні, нерозчинні і колоїдні речовини, що видаляються з поверхні продуктів, що консервуються, при їх очищенні і митті; соки і сиропи, що застосовуються при консервуванні продуктів, випадково вносяться домішки, відходи від сировини і т. д. Частка цих забруднень значна і становить від 12 до 35% від ваги сировини. Від 20 до 50% відходів потрапляє в каналізаційну мережу разом зі стічними водами.

Стічні води, як правило, багаті органічними речовинами, які легко розкладаються і без доступу повітря швидко загнивають. Температура стічних вод становить $18-20^\circ\text{C}$. Наявність великої кількості завислих речовин в стічних водах плодоовочевих консервних заводів, а також високі БСК і бактеріальні забруднення свідчать про необхідність очищення їх перед скиданням у водойму на спорудах біологічної очистки.

Залежно від виду сировини, що переробляється і від способу її обробки склад забруднень стічних вод значно змінюється (табл. 1).

Таблиця 1 – Склад забруднень стічних вод в залежності від виду сировини [1]

| Сировина | Завислі речовини, мг/дм^3 | Залишок при прожаренні, мг/дм^3 | Розчинні речовини, мг/дм^3 | Залишок при прожаренні, мг/дм^3 | pH | Розхід KMnO_4 , мг/дм^3 | БСК ₅ , мг/дм^3 |
|----------|------------------------------------|--|-------------------------------------|--|-----|---|-------------------------------------|
| Томати | 450 | 80 | 2500 | 580 | 4,9 | 1100 | 1150 |
| Горошок | 300 | 25 | 6000 | 3360 | 4,7 | 2150 | 2710 |
| Боби | 60 | 10 | 1670 | 970 | 7,6 | - | 240 |
| Шпинат | 580 | 150 | 1700 | 950 | 7,0 | 40 | 280 |

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ6116.ДП | Арк. |
| | | | | | | 11 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

| | | | | | | | |
|---------------|------|-----|------|------|-----|------|------|
| Морква | 1830 | 170 | 5800 | 1900 | 7,1 | - | 1110 |
| Буряк | 1600 | 220 | 5000 | 800 | 6,0 | 2700 | 1050 |
| Кисла капуста | 60 | 5 | 3300 | 1600 | 5,6 | 800 | 1400 |

Отже, при обробці однієї і тієї ж сировини стічні води можуть значно відрізнятися за складом, яка видно з табл.1.

До технологій, які найбільш часто використовують для другого виробничого етапу – переробки, відносяться: консервування, стерилізація з подальшим розливом в пляшки або пакуванням в банки, охолодження або заморожування (стерилізація вище 100 °С з показником рН >4,5 або пастеризація від 71 °С до 100 °С з показником рН <4,5), ферментація, сушка, соління, введення хімічних консервантів.

Питоме водоспоживання і утворення стічних вод залежить не тільки від технологічного процесу, обладнання, ступеня реалізації ресурсозберігаючих заходів, а й від групи сировини, що бере участь у виробництві.

На виробництві може утворюватися велика кількість стічних вод, що містять органічні речовини у високих концентраціях, чистячі та відбілювачі засоби, завислі тверді частинки. Стоки можуть містити залишкові концентрації пестицидів. Обсяг стічних вод значно змінюється в сезон.

Максимальне забруднення стічних вод відбувається при очищенні, бланшуванні і виготовленні квашеної капусти. Вода від очищення сильно забруднена органікою (хімічне споживання кисню (ХСК) в залежності від продукту становить 10-20 г/дм³). При лужному очищенні спостерігаються високе значення показника рН і високе сольове навантаження. Забруднена вода на етапі бланшування утворюється при вилуговуванні бланшованих продуктів і виділенні сокової води при наступному охолодженні. Зі зростанням ступеня подрібнення сировини значно збільшується забруднення стічних вод. Протягом місяця і доби склад стічних вод і рН змінюються в залежності від технологічного процесу, що протікає на підприємстві. Максимально високий

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ6116.ДП | Арк. |
| | | | | | | 12 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

вміст біологічно розчинних органічних речовин у стічних водах підприємства спостерігається в період з червня по жовтень.

При промисловій переробці овочів і фруктів утворюються сильно забруднені органікою окремі потоки стічних вод, що складаються з високомолекулярних білків, жирів і вуглеводів. Через сезонний характер робіт як кількість стічних вод, так і ступінь їх забруднення зазнають значних коливань. Окремі потоки стічних вод можуть розділятися по точках надходження: на промивальну воду, воду від очищення, воду від бланшування, охолоджуючу воду, втрати при наповненні (розливі), свіжу воду, розчин бродіння, воду для миття або воду для промивання [4].

При цьому стічні води консервних заводів в основному забруднені розчинними і нерозчинними відходами консервованих продуктів, соками плодів, овочів, цукровими сиропами, домішками піску, землі і лугів. Якісний склад стічних вод за основними забруднюючими речовинами, характерним для даного виробництва представлений в таблиці 2 [6].

Таблиця 2 – Склад стічних вод плодовоовочевих консервних заводів [2]

| Показник | Одиниця вимірювання | Значення | Показник | Одиниця вимірювання | Значення |
|-----------------------------|------------------------------------|----------|---|------------------------------------|----------|
| Температура | °C | 19 | БСК _{повн} | мгО ₂ / дм ³ | 1650 |
| Завислі речовини | мг/дм ³ | 4800 | БСК ₅ | мгО ₂ / дм ³ | 1400 |
| pH | — | 6-8 | ХСК | мгО ₂ / дм ³ | 3180 |
| Сухий залишок | мг/ дм ³ | 2500 | Біогенні елементи. Фосфор (в перерахунку на Р ₂ О ₅) | мг/ дм ³ | 0,68 |
| Окиснюваність перманганатна | мгО ₂ / дм ³ | 430 | Азот | мг/ дм ³ | 13,5 |
| ПАР | мг/дм ³ | 21 | Зольність завислих речовин | % | 27 |

1.2 Існуючі технології попереднього очищення стічних вод плодоовочеконсервного заводу

Специфіка підприємств, що займаються переробкою овочів і фруктів, полягає в сезонності робіт. Склад стічних вод залежить від сировини, що переробляється. Крім натуральної сировини, підприємства, що виготовляють соки і напої, в якості сировини застосовують готові фруктові та овочеві концентрати. В цьому випадку забруднення в стічні вод потрапляють після миття обладнання, аварійних або несанкціонованих проливів концентратів. Всі стічні води консервних заводів можуть бути розділені на три основні групи: умовно чисті, забруднені виробничі та побутові [4, 5].

Схема каналізації плодоовочевих консервних заводів вирішується з відведенням стічних вод на локальні або загальноміські очисні споруди біологічної очистки із застосуванням аеротенків.

Можливі варіанти обробки стічних вод представлені на рис. 1. Стічні води від промислової переробки овочів і фруктів очищаються анаеробним і (або) аеробним методом без обмеження. Всі відомі методи застосовні і частково використовуються на практиці. Добре зарекомендував себе перш за все комбінований анаеробно-аеробний метод.

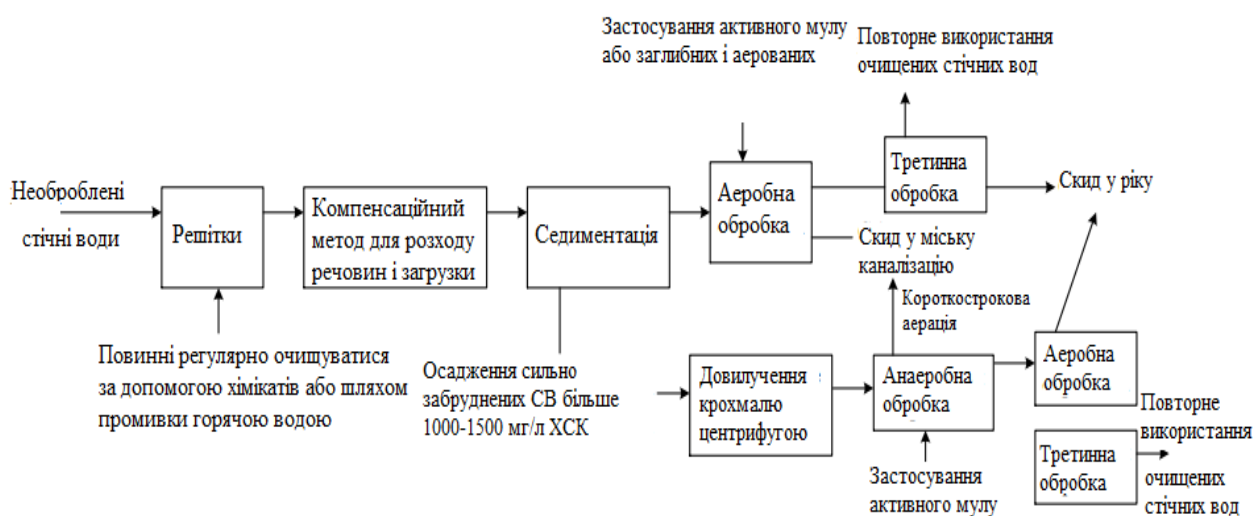


Рисунок 1 – Варіанти обробки стічних вод плодоовочеконсервного заводу

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ6116.ДП | Арк. |
| | | | | | | 14 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Незалежно від наступного ступеня очищення стічні води повинні спочатку піддаватися механічній очистці. Для відділення крупних відходів пропонуються установки для проціджування. Установлюються решітки для зниження або запобігання попадання крупнодисперсних домішок в каналізаційні мережі. Промивні води повинні до того ж проходити через пісковловлювачі.

Попередня обробка стічних вод включає: видалення крупнодисперсних домішок на решітках, усереднення добової витрати СВ, нейтралізацію в резервуарі і буферній ємності, седиментацію (попереднє освітлення) і біологічну очистку в аерованій установці з нерухомим каталізатором у формі контейнера з вторинним освітленням для осадження надлишку мулу. Відділення твердих речовин проводиться через барабанне сито з шириною щілини 1,5 мм.

Якщо стічні води сильно забруднені із ХСК більше 1000-1500 мг/дм³, їх освітлюють центрифугуванням та далі подають на анаеробну обробку з використанням активного мулу. Після короткострокової аерації воду скидають у міську каналізацію.

Після анаеробної обробки воду можна доочистити за допомогою аеробного методу для очищення до норм скиду у водойму. Також воду можна подати на третинне очищення, яким є поля зрошення як споруди додаткового глибокого очищення стічних вод, звідки вони направляються на повторне використання або скидаються безпосередньо у водойму.

Для нейтралізації і буферизації стічних вод використовуються дві ємності. Зниження показника рН відбувається, як правило, за допомогою СО₂ в ємності для нейтралізації. Під час виробничого сезону інколи також виникає потреба у підвищенні показника рН, що здійснюють шляхом додавання невеликих доз NaOH в буферній ємності. Через однотипність складу поживних речовин стічних вод туди додаються поживні речовини у вигляді сечовини і гідрофосфата амонію. Первинний фільтраційний осад і надлишок мулу

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ6116.ДП | Арк. |
| | | | | | | 15 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

тимчасово зберігаються в резервуарі для зберігання мулу, відстояна зливна вода закачується назад в установку. Згущений мул приймається в комунальні очисні споруди, там стабілізується і разом з утвореним надлишком мулу спускається на сільськогосподарські поля або утилізується іншим способом.

Технологія очищення стічних вод овочеконсервного заводу з використанням очищених стічних вод для підвищення родючості ґрунтів

Іншим прикладом очищення стічних вод служить проект ФГТУ ВПО «Кубанський державний аграрний університет» для консервних заводів з утилізацією очищених стічних вод для підвищення родючості ґрунтів.

Комплекс очисних споруд консервного заводу призначений для фізико-хімічної очистки стічних виробничих вод, господарсько-побутових і поверхневих зливових вод до нормативно-допустимих для подальшого використання показників. Технологія підготовки стічних вод (СВ) овочеконсервного виробництва для використання на полях зрошування складається з 3-х етапів (блоків) і представлена на рисунку 2.

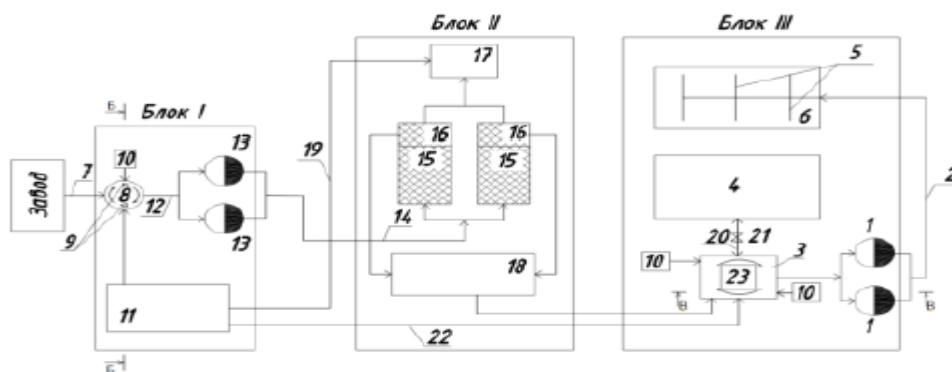


Рисунок 2 – Технологія підготовки стічних вод овочеконсервного заводу для використання на ЗПЗ: 1,13 – насосні установки; 2 – напірний трубопровід; 3, 4 – ставки - накопичувачі; 5 – дощувальні машини; 6 – поля ЗПЗ; 7 – зливна каналізація; 8 – усереднювач; 9 – конічні насадки; 10 – компресор; 11 – дозатор; 12 – всмоктувальний трубопровід; 14 – напірний трубопровід; 15 – ротаційні пристрої розділення фаз; 16 – вібросити; 17 – накопичувач твердих відходів; 18 – накопичувач рідких стоків; 19 –трубопровід; 20 – трубопровід; 21 – затвор; 22 – трубопровід; 23 – ємність з кальцієвим меліорантом [7].

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ6116.ДП | Арк. |
| | | | | | | 16 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Очищена від забруднень вода використовується на землеробських полях зрошення (ЗПЗ) для поливу технічних культур [7].

Етап I (Блок I). Відходи консервного виробництва з заводу надходять по зливній каналізації 7 в усереднювач 8, де виконується попередня підготовка відходів шляхом барботування за допомогою компресора 10. Для аерації використовуються встановлені на дні усереднювача конічні насадки 9 з кутом конусності 12-13 °. Для нейтралізації відходів консервного виробництва овочів використовується вапняний розчин, який надходить в усереднювач 8 самопливом з дозатора 11. Дозатор 11 вапняного розчину забезпечує нейтралізацію рідких стоків не тільки в усереднювачі 8, але і в ставку-накопичувачі 3, а також твердої маси відходів у накопичувачі 17. Підготовлені до утилізації відходи консервного виробництва овочів забираються через всмоктуючий трубопровід 12 самовсмоктуючою насосною установкою 13.

Етап II (Блок II). Відходи з напірного трубопроводу 14 надходять від насосної установки 13 (Gorman rupp type ST4, продуктивністю 100 м³/год) на ротаційні сита 15 (Rotosieve mun RS-51, продуктивністю 100 м³/год) і потім на вібраційні сита 16 (Sedi 120 , продуктивністю 100 м³/год), де проходить відділення твердої маси відходів від рідкого стоку.

Ротаційні сита 15 встановлені на висоті 5 м, а вібросита 16 відносно майданчика на висоті не більше 2,5 м, що забезпечує самопливну подачу очищеної від твердої маси рідини в накопичувач 18, з якої рідкий стік самопливом потрапляє у ставки - накопичувачі 3 через ємність з кальцієвим меліорантом 23.

Під дією сили тяжіння і вібрації тверда маса відходів з вібросит 16 подається в накопичувач 17, з'єднаний трубопроводом 19 з дозатором 11.

Етап III (Блок III). Ставки - накопичувачі 3 і 4 забезпечують прийом очищених від твердої фракції рідких стоків. Рідкі стоки готуються до використання на землеробські поля зрошення 6.

Ставок-накопичувач 3 обладнаний компресорами 10 з гідроежекторами і

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ6116.ДП | Арк. |
| | | | | | | 17 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

коноїдальними насадками, які виконують аерацію рідких стоків шляхом кругової подачі повітря під рівень води. У ставку-накопичувачі 3 встановлена ємність 23 об'ємом 1 м³, наповнена кальцієвим меліорантом для регулювання рН. Вона розташовується під рівнем рідких стоків і поповнюється меліорантом з дозатора 11 через трубопровід 22 у міру його спрацювання.

Ставок - накопичувач 3 з'єднаний трубопроводом 20 через затвор 21 з ставком - накопичувачем 4, який використовується для накопичення рідких стоків в зимовий період, коли завод переробляє сухофрукти. У міру наповнення ставка 4 здійснюється скидання стоків в ставок 3 самопливом, так як відмітка дна ставка 4 вище позначки дна ставка 3.

Підготовлені рідкі стоки зі ставка-накопичувача 3 за допомогою насосних установок 1 по напірному трубопроводу 2 подаються на землеробські поля зрошення 6 [7].

Відмітна особливість проекту полягає в використанні блочно-модульної схеми очищення, яку можна пристосувати на завод по переробці продукції будь-якої продуктивності. Нормований ступінь очищення трьох основних видів стоків дозволяє на виході очищену від забруднень воду усереднювати в одному резервуарі і утилізувати на ЗПЗ або скидати в водойми рибогосподарського призначення [8].

Перевагами такої технології утилізації стічних вод плодоовочеконсервних заводів є: високий ступінь очищення стічних вод дозволяє підвищувати ефективність експлуатації очисних споруд консервного заводу за рахунок отримання додаткової надбавки урожаю сільськогосподарських культур, а при скиданні очищеної води в водойми – підвищувати їх водозабезпеченість. Очищені стоки можуть повністю використовуватися в сільськогосподарському виробництві в якості меліорантів для підвищення родючості ґрунтів і охорони сільськогосподарських земель від деградації [5].

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ6116.ДП | Арк. |
| | | | | | | 18 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Технологія очищення напірною флотацією з використанням реагентів

Використання напірної флотації та коагуляції-флотації є досить поширеним та високоефективним методом локального очищення стічних вод плоовочеконсервних заводів.

Для використання цього методу локального очищення великі відходи мають уловлюватися безпосередньо у виробничому процесі на виході з цеху [6].

Умовно чисті води від барометричних конденсаторів томатних виробництв після їх охолодження можуть бути використані в системі оборотного водопостачання конденсаторів або на інші технологічні потреби. Охолоджуючі стоки від паромасляних печей потрібно піддавати знежиренню, тому вони разом із загальний стоком подаються на жириловки «ЭВИ-Ж», та подальше флотаційне очищення на флотаторі «ЭВИ-УФ».

Як спороди локального очищення застосовують жироловки «ЭВИ-Ж», флотаційні установки «ЭВИ-УФ» із застосуванням коагулянту і флокулянта, дозованих за допомогою установок дозування реагентів «ЭВИ-УДР».

На рисунку 3 представлена блок-схема очищення стічних вод консервних заводів.

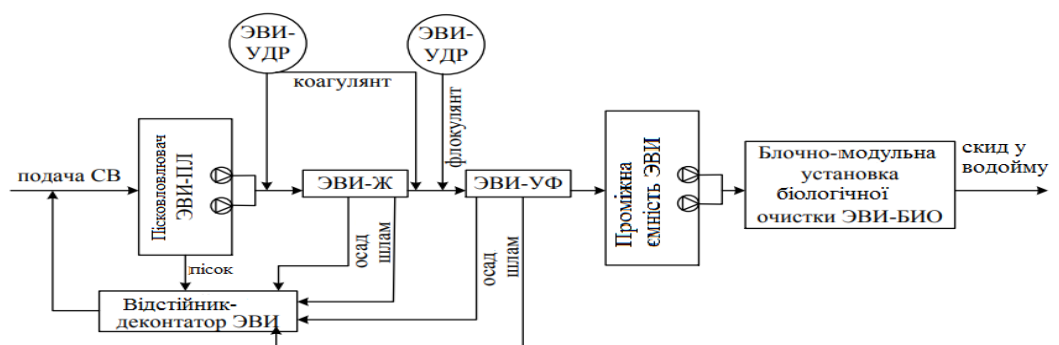


Рисунок 3 – Принципова схема очистки стічних вод овочеконсервного заводу напірною флотацією з використанням реагентів [6]

Початковий етап очищення здійснюється в жироловці «ЭВИ-Ж» для первинного відстоювання, затримання жирів і масел. Спливаючі легкі масла

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|--|------|
| | | | | | <div style="text-align: center;"> <p><i>ЕКБ.БЕ6116.ДП</i></p> </div> | Арк. |
| | | | | | | 19 |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | |

через збірний лоток по самопливному трубопроводу відводяться від установки в жировий контейнер.

На наступному етапі відбувається барботування стоку стисненим повітрям за допомогою повітродувки, в ємностях «ЭВИ». При наявності кислого стоку, потрібне коригування рН за допомогою подачі розчину лугу установкою дозування реагенту «ЭВИ-УДР». Після підлюговування рН повинне знаходитися в межах 8-8,5 одиниць. При низькому рН ефективність видалення жирів знижується в результаті емульгації. При високому рН ефективність видалення жирів також знижується в результаті омилення.

Після барботування потоку стічні води піддаються очищенню на флотаційній установці «ЭВИ-УФ» із застосуванням коагулянту і флокулянта за допомогою установок дозування реагентів «ЭВИ-УДР». Застосування флотаційного очищення без додавання коагулянтів і флокулянтів малоефективне, так як дозволяє знизити концентрацію жирів тільки на 50-60%, а завислих речовин – на 50%. Тому рекомендується використовувати флотаційні установки «ЭВИ-УФ» в комплекті з установками дозування реагентів «ЭВИ-УДР» для подачі коагулянту і флокулянта.

Після жироловки та флотаційної установки для вирівнювання коливань об'єму стічних вод встановлюється усереднювач.

Після фізико-хімічної очистки, в результаті якої були видалені жирові забруднення, що перешкоджають надходженню кисню і поживних речовин до пластівців активного мулу біологічних очисних споруд, необхідно застосовувати біологічну очистку на блочно-модульних очисних спорудах на підприємстві (на схемі – «ЭВИ-БИО» рис.2.) або направляти стічні води у міську каналізаційну мережу.»

За характером забруднень виробничі стічні води заводів плодоовочевих консервів можуть очищатися будь-яким з біологічних методів, як спільно з побутовими стічними водами, так і самостійно.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ6116.ДП | Арк. |
| | | | | | | 20 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

До складу споруд при необхідності можуть входити решітки, пісколовки і відстійники виробництва НВО «ЕкоВодІнжинірінг». Цими спорудами затримується до 70% всіх механічних домішок до стічних вод.

Для спільного очищення виробничих і побутових стічних вод рекомендується застосовувати блочно-модульні очисні споруди «ЭВИ-БИО», призначені для глибокої біологічної очистки, доочистки і знезараження стічних вод. Дані установки передбачають наступні ступені очищення [6]:

- затримання відходів на решітці (з гасінням напору);
- затримання важких мінеральних домішок в пісколовках;
- видалення сполук азоту в денітрифікаторі;
- аеробне біологічне очищення в аеротенках з нітрифікацією;
- освітлення води і осадження мулу в вертикальному відстійнику;
- реагентна дефосфатація;
- глибоке доочищення стічних вод на біофільтрі і біосорбері;
- знезараження очищених стічних вод [6].

Отже, для методу напірної флотації характерна висока ефективність захоплення частинок забруднень найдрібнішими бульбашками повітря, в результаті утворюються стійкі флотокомплекси, які легко видаляються зі стічної води.

Для інтенсифікації швидкості флотаційного вилучення частинок за рахунок їх укрупнення доцільно застосування коагуляції і флотації [3, 4]. Тип і дози реагентів підбираються на підставі результатів попередніх експериментальних робіт, що дозволяє збільшити ефективність очищення стоків на 15-20% (табл.3).

Таблиця 3 – Ефективність очищення стоків овочеконсервного заводу технологією з реагентною напірною флотацією [4]

| Показник | Одиниця вимірювання | Значення |
|---------------------|------------------------------------|----------|
| БСК _{повн} | мгО ₂ /дм ³ | 330 |
| БСК ₅ | мгО ₂ / дм ³ | 320 |
| ХСК | мгО ₂ / дм ³ | 636 |

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ6116.ДП | Арк. |
| | | | | | | 21 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

| | | |
|------------------|---------------------|-----|
| Завислі речовини | мг/ дм ³ | 96 |
| pH | - | 8 |
| Загальний азот | мг/ дм ³ | 2 |
| Загальний фосфор | мг/ дм ³ | 0,2 |

Переважа даного методу полягає у високому ступені очищення та безперервності процесу. У свою чергу, простота і компактність установки дозволяє істотно скоротити будівельно-монтажні роботи і розміщувати її на території підприємства [3, 4].

Основним недоліком даного рішення є недостатньо високий ступінь очищення по ХСК і БСК, так як більшість органічних забруднень в стічних водах знаходиться в розчиненому вигляді. Крім цього в процесі очищення утворюється велика кількість флотошламу, що потребує подальшої стабілізації і зневоднення, на що витрачаються дорогі реагенти [3].

Використання флотаційних методів не дозволяє в повній мірі забезпечити заданий ступінь очищення, тому необхідне застосування біологічних аеробних і анаеробних методів.

Технології анаеробно-аеробного очищення стічних вод овочеконсервного заводу

Для висококонцентрованих вод підприємств харчової промисловості необхідні більш складні схеми локального очищення із застосуванням анаеробно-аеробних технологій біологічного очищення. Схема очищення повинна підбиратися з обов'язковим урахуванням особливостей та можливостей міських очисних споруд, так як скидання недостатньо очищених стоків цієї категорії здатне чинити істотний негативний вплив на роботу міських споруд водоочищення. Залишкова важкоокиснювана органіка істотно підвищує залишковий вміст хлору та його сполук в очищеній воді і знижує УФ-пропускання, що збільшує витрату хлору або гіпохлориту і істотно збільшує енерговитрати у випадку УФ-зnezараження [8].

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ6116.ДП | Арк. |
| | | | | | | 22 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Аеробне очищення для концентрованих промислових стоків, як правило, не раціональне, так як вимагає істотних затрат енергії на подачу повітря. Найкращим методом для зниження концентрації органічних речовин в цьому випадку є анаеробна біологічна обробка.

Установка для анаеробно-аеробного біологічного очищення стічних вод представлена на рисунку 4 [8].

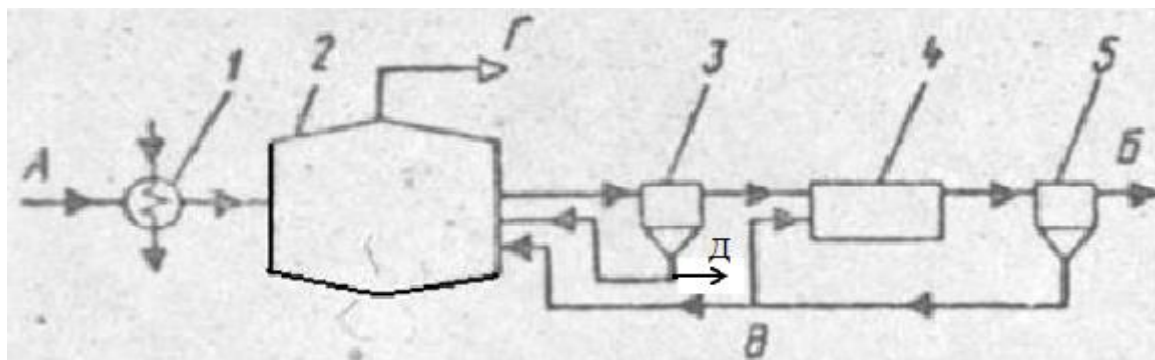


Рисунок 4 – Схема установки для біологічного очищення стічних вод овочеконсервного заводу: 1 – підігрівач субстрату; 2 – метантенк; 3 – відстійник метантенка; 4 – аеротенк; 5 – відстійник аеротенку; А – субстрат; Б – очищена рідина; В – аеробний активний мул; Г – біогаз; Д – вивантаження осаду [8].

Установка складається з метантенка, вторинного відстійника анаеробного мулу, аеротенка-відстійника і вторинного відстійника аеробного мулу. Лінія укомплектована теплообмінниками для підігріву зброджуваної рідини, насосами, контрольно-вимірювальними приладами (КВП) і автоматикою. Стічна вода, що надходить, нагрівається в теплообміннику до 35-37°C і подається в метантенк, де відбувається конверсія в біогаз 85% органічного вуглецю. Здійснюється рециркуляція анаеробного активного мулу з вторинного відстійника. Подальше очищення проводиться в аеротенку, аеробний мул з вторинного відстійника частково повертається в аеротенк, а надлишок – на зброджування в метантенк. Загальне зниження забрудненості – 98% по БСК₅.

Застосування анаеробно-аеробних методів очищення стічних вод найефективніше, так як, використовуючи тільки анаеробну стадію очищення,

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ6116.ДП | Арк. |
| | | | | | | 23 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

неможливо досягти жорстких нормативів як при скиданні очищених стічних вод на міські очисні споруди, так і в поверхневу водойму [1, 5]. В цьому випадку анаеробний метод очищення застосовується як перша біологічна стадія, а в якості доочищення використовуються одна або дві стадії аеробного очищення.

Особливістю анаеробних методів очищення є отримання в якості кінцевих продуктів при розкладанні органічних вуглеводневих сполук – метану і діоксиду вуглецю. При використанні цих методів не потрібно аерація води киснем і утворюється незначна кількість надлишкового мулу [2].

Переваги комбінованої технології в порівнянні з традиційною технологією аеробного очищення полягає в наступному: високий ступінь очищення стічних вод з високими концентраціями органічних забруднень $X_{СК} > 2000 \text{ м/дм}^3$, невеликий приріст надлишкової біомаси в 5-10 разів менше, ніж при аеробному очищенні (біомаса стабільна, що не загниває при зберіганні), стійкість до тривалих перерв в подачі стічних вод, низькі експлуатаційні витрати. Основним недоліком даної технології є високі капіталовкладення [9].

1.3 Вибір технології очищення стічних вод плодоовочеконсервного заводу

Проаналізувавши технологію очищення за допомогою напірної флотації з використанням реагентів, технологію з використанням очищених стічних вод для збереження родючості ґрунтів та технологію анаеробно-аеробного очищення можна зробити висновок, що доцільніше використовувати анаеробно-аеробну технологію для більш концентрованих стоків $1000-10000 \text{ мг/дм}^3$ за $X_{СК}$, які утворюються на овочеконсервних виробництвах, яка включає в себе анаеробну біологічну обробку з подальшим спільним очищенням з міськими стоками, опис якої наведений вище.

В результаті очищення стічних вод овочеконсервного заводу за даною технологією, залишкові середні показники забруднюючих речовин наведені в

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ6116.ДП | Арк. |
| | | | | | | 24 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

таблиці 4.

Таблиця 4 – Залишкові середні показники забруднюючих речовин за технологією анаеробно-аеробного очищення

| Показник | Одиниця вимірювання | Значення після анаеробно-аеробного очищення | Максимально допустиме значення показника та (або) концентрація в пробі стічних вод для скидання в каналізаційну мережу |
|-----------------------|---------------------|---|--|
| рН | - | 6,7 | 6,5 - 9,0 |
| Завислі речовини | мг/дм ³ | 150 | 300,0 |
| Загальний азот | мг/ дм ³ | 1,8 | 50,0 |
| БСК ₅ :ХСК | - | 2,2 | < 2,5 |
| ХСК | мг/ дм ³ | 390 | 500,0 |
| БСК _{повн} | мг/ дм ³ | 300 | згідно з проектом КОС або не більше 350,0 |
| Загальний фосфор | мг/ дм ³ | 0,2 | 5,0 |
| Температура | °С | +40 | +40 |
| ПАР | мг/ дм ³ | 10 | 10 |

Після очищення концентрація завислих речовин становить 150 мг/дм³, значення БСК_{повн.} 300 мг/дм³. Отримані значення відповідають Правилам приймання стічних вод у мережу міської каналізації. Дана вода є безпечною, не шкідливою за хімічним складом. Має задовільні органолептичні показники.

Після попереднього очищення стічні води овочеконсервного заводу доцільно направляти в міську каналізацію і очищати їх спільно із господарсько-побутовими стоками, тому що доочищення даної категорії стоків до концентрації органічних речовин, необхідної при скиданні у водойму, ускладнюється високим вмістом біонеокисного ХСК, яке може становити більше 1000 мг/дм³.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ6116.ДП | Арк. |
| | | | | | | 25 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

1.4. Розрахункові витрати стічних вод

Згідно завдання середня витрата стічних вод міста і підприємства складає: $Q_{\text{сер.доб}} = 45000 \text{ м}^3/\text{доб.}$

Середньогодинна витрата стічних вод:

$$Q_{\text{сер год}} = \frac{Q_{\text{сер.доб}}}{24} = \frac{45000}{24} = 1875 \text{ м}^3/\text{год.} \quad (1.4.1)$$

Середньосекундна витрата стічних вод:

$$q_{\text{сер с}} = \frac{Q_{\text{сер год}}}{3600} = \frac{1875}{3600} = 0,520 \text{ м}^3/\text{с.} \quad (1.4.2)$$

Середньосекундна витрата в дм^3 становить:

$$q_{\text{сер с}} = \frac{Q_{\text{сер.год}}}{3600} \cdot 1000 = \frac{1875}{3600} \cdot 1000 = 521 \text{ дм}^3/\text{с.} \quad (1.4.3)$$

Максимальна та мінімальні секундні витрати стічних вод становлять:

$$q_{\text{max с}} = K_{\text{max}} \cdot q_{\text{сер.с}} = 1,498 \cdot 521 = 780 \text{ дм}^3/\text{с} \quad (1.4.4)$$

$$q_{\text{min с}} = K_{\text{min}} \cdot q_{\text{сер.с}} = 0,661 \cdot 521 = 344 \text{ дм}^3/\text{с} \quad (1.4.5)$$

де $q_{\text{сер.с}} = 521$ – середньосекундна витрата господарсько-побутових стічних вод, $\text{м}^3/\text{доб.}$; K_{max} і K_{min} - коефіцієнти нерівномірності водовідведення, визначаємо за ДБН В.2.5-75:2013 [4] : $K_{\text{max}} = 1,498$ і $K_{\text{min}} = 0,661$.

Максимальна та мінімальна годинні витрати стічних вод:

$$Q_{\text{max год}} = 3,6 \cdot q_{\text{max.с}} = 3,6 \cdot 780 = 2808 \text{ м}^3/\text{с.} \quad (1.4.6)$$

$$Q_{\text{min год}} = 3,6 \cdot q_{\text{min.с}} = 3,6 \cdot 344 = 1238 \text{ м}^3/\text{с.} \quad (1.4.7)$$

1.5. Розрахункові концентрації забруднень стічних вод

Концентрація забруднень господарсько-побутових стічних вод визначається за формулою:

$$C = \frac{a \cdot N}{Q_{\text{ноб}}}, \text{ мг/дм}^3, \quad (1.5.1)$$

де a – кількість забруднюючих речовин на одного жителя, г/доб. , яка визначається за [4, табл. 25] і приймається: 65 г/доб. завислих речовин, 75 г/доб. – БСК_{повн}, 2,5 г/доб. – ПАР; N – кількість жителів міста, визначається з врахуванням норми водовідведення – 220 $\text{дм}^3/(\text{доб.люди})$; $Q_{\text{ноб}}$ – витрата господарсько-побутових стічних вод, $\text{м}^3/\text{доб.}$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ6116.ДП | Арк. |
| | | | | | | 26 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$N = \frac{Q_{\text{сер.доб.поб}}}{a} \cdot 1000 = \frac{42000}{220} \cdot 1000 = 190909 \text{ чол.} \quad (1.5.2)$$

Згідно ДБН отримуємо наступні значення норм забруднень для господарсько-побутових стічних вод:

$$a_{3P} = 65 \text{ г/(люд} \cdot \text{доб)}$$

$$a_{\text{БСК}} = 75 \text{ г/(люд} \cdot \text{доб)}$$

$$a_{\text{ПАР}} = 2,5 \text{ г/(люд} \cdot \text{доб)}.$$

Концентрація завислих речовин у господарсько-побутових стічних водах:

$$C_{3P} = \frac{a_{3P} \cdot N}{Q_{\text{поб}}} = \frac{65 \cdot 190909}{42000} = 295 \text{ мг/дм}^3. \quad (1.5.3)$$

Концентрація органічних речовин за БСК_{повн} у господарсько-побутових стічних водах:

$$C_{\text{БСК}} = \frac{a_{\text{БСК}} \cdot N}{Q_{\text{поб}}} = \frac{75 \cdot 190909}{42000} = 341 \text{ мг/дм}^3. \quad (1.5.4)$$

Концентрація ПАР у господарсько-побутових стічних водах:

$$C_{\text{ПАР}} = \frac{a_{\text{ПАР}} \cdot N}{Q_{\text{поб}}} = \frac{2,5 \cdot 190909}{42000} = 11,4 \text{ мг/дм}^3. \quad (1.5.5)$$

Концентрація забруднень у суміші господарсько-побутових та виробничих стічних вод визначається за формулою:

$$C_{\text{сум}} = \frac{C_{\text{поб}} \cdot Q_{\text{поб}} + C_{\text{вир}} \cdot Q_{\text{вир}}}{Q_{\text{поб}} + Q_{\text{вир}}}, \text{ мг/дм}^3, \quad (1.5.6)$$

де $C_{\text{вир}}$ – концентрація забруднень у виробничих стічних водах після їх очищення на локальних очисних спорудах, мг/дм³; $Q_{\text{вир}}$ – витрата виробничих стічних вод, м³/доб.

Концентрація завислих речовин у суміші стічних вод:

$$C_{\text{сум,3P}} = \frac{C_{3P} \cdot Q_{\text{поб}} + C_{\text{вир,3P}} \cdot Q_{\text{вир}}}{Q_{\text{поб}} + Q_{\text{вир}}}, \text{ мг/дм}^3.$$

$$C_{\text{сум,3P}} = \frac{295 \cdot 42000 + 150 \cdot 3000}{45000} = 285 \text{ мг/дм}^3; \quad (1.5.7)$$

Концентрація ПАР у суміші стічних вод:

$$C_{\text{сум,ПАР}} = \frac{C_{\text{ПАР}} \cdot Q_{\text{поб}} + C_{\text{вир,ПАР}} \cdot Q_{\text{вир}}}{Q_{\text{поб}} + Q_{\text{вир}}}, \text{ мг/дм}^3. \quad (1.5.8)$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ6116.ДП | Арк. |
| | | | | | | 27 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$C_{\text{сум.ПАР}} = \frac{11,5 \cdot 42000 + 10 \cdot 3000}{45000} = 11,3 \text{ мг/дм}^3.$$

Концентрація органічних речовин за БСК_{повн} у суміші стічних вод:

$$C_{\text{сум,БСК}} = \frac{C_{\text{БСК}} \cdot Q_{\text{ноб}} + C_{\text{вир,БСК}} \cdot Q_{\text{вир}}}{Q_{\text{ноб}} + Q_{\text{вир}}}, \text{ мг/дм}^3. \quad (1.5.9)$$

$$C_{\text{сум,БСК}} = \frac{341 \cdot 42000 + 300 \cdot 3000}{45000} = 338 \text{ мг/дм}^3.$$

1.6 Розрахунковий коефіцієнт змішування стічних вод з водою річки

Коефіцієнт турбулентної дифузії, який показує змішування стічної води з водою річки, визначається за формулою:

$$E = \frac{V_{\text{ср}} \cdot H_{\text{ср}}}{200} = \frac{2,3 \cdot 2,5}{200} = 0,029. \quad (1.6.1)$$

Коефіцієнт, що враховує гідравлічні умови змішування стічних вод з водою річки, визначається за формулою:

$$\alpha = \varphi \cdot \xi \cdot \sqrt[3]{\frac{E}{Q_{\text{ср.с}}}} = 1,5 \cdot 1 \cdot \sqrt[3]{\frac{0,029}{0,520}} = 0,573, \quad (1.6.2)$$

де φ – коефіцієнт звивистості річки, рівний відношенню відстані по фарватеру від місця випуску стічних вод до розрахункового створу до відстані між цими пунктами по прямій; ξ – коефіцієнт, що залежить від місця і конструкції випуску стічних вод у водойму (при русловому випуску – 1,5; при береговому – 1,0); $Q_{\text{ср.с}}$ – середньосекундна витрата стічних вод, що скидаються у водойму, м³/с.

Коефіцієнт змішування стічних вод з річковою водою визначається за формулою:

$$\gamma = \frac{1 - e^{-\alpha^3 \sqrt[3]{L}}}{1 + \left(\frac{Q}{Q_{\text{ср.с}}}\right) e^{-\alpha^3 \sqrt[3]{L}}} = \frac{1 - e^{-0,573^3 \sqrt[3]{2500}}}{1 + \left(\frac{15}{0,520}\right) e^{-0,573^3 \sqrt[3]{2500}}} = 0,89, \quad (1.6.3)$$

де L – відстань по фарватеру річки від місця випуску стічних вод до розрахункового створу, м (згідно завдання); Q – розрахункова витрата води в річці при 95% забезпеченості, м³/с (згідно завдання); $Q_{\text{ср.с}}$ – середньосекундна витрата стічних вод, що скидаються у водойму, м³/с.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ6116.ДП | Арк. |
| | | | | | | 28 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

1.7. Необхідний ступінь очищення стічних вод

Гранично-допустима концентрація завислих речовин в очищеній стічній воді, що скидається у водойму, становить:

$$C_{зр}^{доп} = p \cdot \left(\frac{\gamma \cdot Q}{Q_{сер.с}} + 1 \right) + C_{\phi} = 0,25 \cdot \left(\frac{0,89 \cdot 15}{0,520} + 1 \right) + 15 = 21,7 \text{ мг/дм}^3, \quad (1.7.1)$$

де p – приріст концентрації завислих речовин у водоймі після випуску стічних вод, мг/дм³ (0,25 г/м³); C_{ϕ} – фонові концентрації завислих речовин у воді річки до місця випуску стічних вод, мг/дм³ (згідно завдання 15 м³/с).

Допустиме значення БСК_{повн} стічних вод, що скидаються у водойму:

$$C_{БСК}^{доп} = \frac{\gamma \cdot Q}{Q_{сер.с}} \cdot \left(\frac{C_{БСК}^H}{10^{-k \cdot t}} - C_{БСК}^{\phi} \right) + \frac{C_{БСК}^H}{10^{-k \cdot t}} =$$

$$= \frac{0,89 \cdot 15}{0,520} \cdot \left(\frac{4}{10^{-0,1 \cdot 0,013}} - 3,5 \right) + \frac{4}{10^{-0,1 \cdot 0,013}} = 17,2 \text{ мг/дм}^3, \quad (1.7.2)$$

де $C_{БСК}^{доп}$ – значення БСК_{повн}, яке повинно бути досягнуто в процесі очищення стічних вод, мг/дм³; $C_{БСК}^H$ – гранично-допустиме значення БСК_{повн} у розрахунковому створі річки, мг/дм³; $C_{БСК}^{\phi}$ – фонове значення БСК_{повн} у воді річки до місця випуску стічних вод, мг/дм³ (згідно завдання); k – константа швидкості споживання кисню у суміші річкової та стічних вод, доба⁻¹ (дод. А, табл. А.1); t – тривалість переміщення води від місця випуску до розрахункового створу становить:

$$t = \frac{L}{V_{ср} \cdot 24 \cdot 3600} = \frac{2500}{2,3 \cdot 24 \cdot 3600} = 0,013 \text{ доб}, \quad (1.7.3)$$

де L – відстань по фарватеру річки від місця випуску стічних вод до розрахункового створу, м (згідно завдання); $V_{ср}$ – середня швидкість течії води в річці між випуском стічних вод і розрахунковим створом, м/с (згідно завдання 2,3 м/с).

Розрахунок допустимого БСК_{повн} стічних вод, що скидаються у водойму, за розчиненим у воді киснем, без урахування поверхневої реаерації водойми. Потрібна концентрація розчиненого кисню у воді річки для літніх умов буде

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ6116.ДП | Арк. |
| | | | | | | 29 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

забезпечена, якщо $БСК_{повн}$ стічних вод не буде перевищувати величину:

$$C_{БСК}^{O_2} = \frac{\gamma \cdot Q}{0,4 \cdot Q_{сер.с}} \cdot (O_{\phi} - 0,4 \cdot C_{БСК}^{\phi} - O_{min}) - \frac{O_{min}}{0,4} =$$

$$= \frac{0,89 \cdot 15}{0,4 \cdot 0,520} \cdot (6 - 0,4 \cdot 3,5 - 4) - \frac{4}{0,4} = 28,5 \text{ мг/дм}^3, \quad (1.7.4)$$

де $C_{БСК}^{O_2}$ – $БСК_{повн}$ стічних вод, яке потрібно досягнути в процесі очищення, мг/дм³; O_{ϕ} – фонові концентрації розчиненого кисню у воді річки до місця випуску стічних вод, мг/дм³ (згідно завдання 6 мг/дм³); O_{min} – найменша концентрація розчиненого кисню, яка повинна бути забезпечена у водоймі, мг/дм³; $C_{БСК}^{\phi}$ – фонові значення $БСК_{повн}$ у воді річки до місця випуску стічних вод, мг/дм³ (згідно завдання 3,5 мг/дм³); 0,4 – коефіцієнт для перерахунку $БСК_{повн}$ у $БСК_2$.

Розрахункові значення $БСК_{повн}$ (17,2 мг/дм³) та концентрації завислих речовин (21,7 мг/дм³) вищі, ніж для повного біологічного очищення, отже, доочищення непотрібне.

1.8 Вибір та обґрунтування технології біологічного очищення стічних вод міста та плодоовочеконсервного заводу

На рисунку 6 представлена технологія біологічного очищення стічних вод овочеконсервного заводу та міста, після впровадження якої стічна вода буде відповідати нормам скиду в річку, згідно розрахункам.

Для забезпечення якісного очищення стічних вод овочеконсервного заводу та міста до технологічної схеми входять дві складові: очищення стічних вод та обробка осадів. Спочатку стічна вода поступає на механічне очищення, що включає в себе решітки, пісковловлювачі, первинні відстійники. Стічні води проціджують через решітки (1). Вони запобігають потраплянню великих домішок у труби та канали.

Після решіток вода направляється на пісковловлювачі, які забезпечують очищення води від піску під дією гравітаційних сил. Утворена на пісковловлювачах піщана пульпа направляється на пісковий майданчик (3), а потім на вивезення.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ6116.ДП | Арк. |
| | | | | | | 30 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

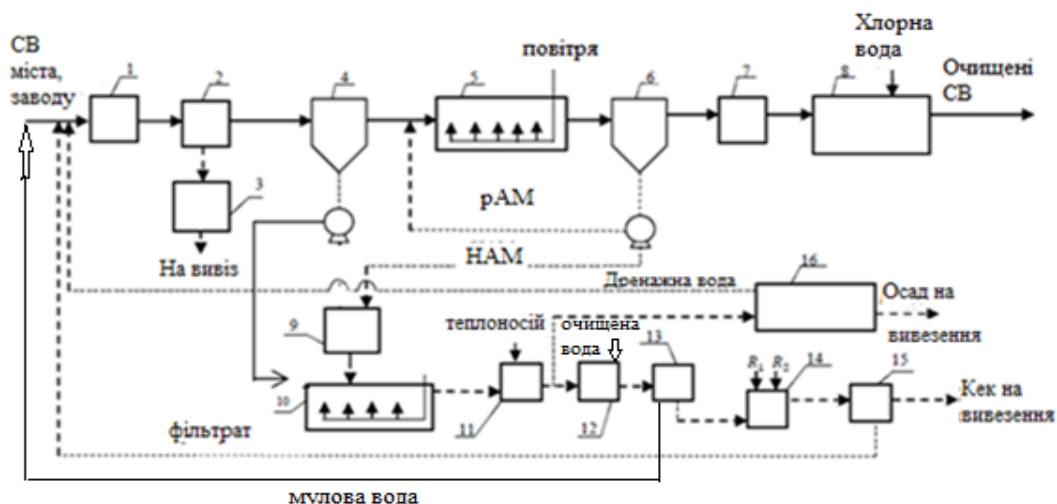


Рисунок 5 – Технологія біологічного очищення стічних вод овочеконсервного заводу та міста: 1 – решітки; 2 – пісковловлювач; 3 – пісковий майданчик; 4 – первинний відстійник; 5 – аеротенк-витиснювач; 6 – вторинний відстійник; 7 – змішувач води з знезаражуючим агентом; 8 – контактний резервуар; 9 – мулоущільнювач; 10 – аеробний стабілізатор; 11 – камера дегельмінтизації; 12 – промивка осаду; 13 – ущільнення осаду; 14 – камера коагуляції (зневоднення осаду); 15 – вакуум фільтр; 16 – аварійний муловий майданчик; R_1 – негашене вапно; R_2 – коагулянт (хлорне залізо); СВ – стічні води.

Далі стічні води подаються у первинний відстійник (4), де відбувається очищення води від завислих речовин. Вологий осад з первинного відстійника насосом подається до аеробного стабілізатора.

Освітлена стічна вода з первинного відстійника надходить на біологічне очищення в аеротенк-витиснювач (5).

Після очищення в аеротенку вода поступає у вторинний відстійник (6), де відбувається відокремлення активного мулу від очищеної води. Очищена вода потрапляє в змішувач води з знезаражуючим реагентом (7). Як реагент використовують хлорну воду. Для досягнення необхідної ефективності знезараження, вода подається в контактний резервуар, де знаходиться протягом

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ6116.ДП | Арк. |
| | | | | | | 31 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

часу, необхідного для знезараження (8). Очищені стічні води скидають у водойму.

Надлишковий активний мул і осад з первинного відстійника відводять в аеробний стабілізатор (10). Перед стабілізацією надлишковий активний мул поступає в мулоущільнювач (9), де відбувається ущільнення мулу до вологості 98%. Стабілізований осад направляють в камеру дегельмінтизації (11), у якій проводиться його термічне знезараження водяною парою, тривалість 20 хв., температура – 70°C. Після дегельмінтизації осади направляють на стадію промивання (12), куди подається очищена промивна вода, далі – на ущільнення (13), звідки мулова вода надходить у «голову» споруди. Щоб покращити відділення мулу від води, осад подають в змішувач (14), де додають коагулянти – хлорне залізо, негашене вапно. Ущільнений осад зневоднюють на вакуум фільтрі (15) після чого відправляють на вивезення.

На випадок несправності обладнання для механічного зневоднення осаду передбачено аварійний муловий майданчик розрахований на 20% осаду (16).

1.9 Характеристика біологічного агента

Біологічним агентом, що приймає участь в очищенні стічних вод, є активний мул в аеротенку. Біологічний метод очищення стічних вод заснований на здатності мікроорганізмів в процесі життєдіяльності використовувати органічні речовини, які входять до складу забруднених стічних вод, в якості джерела живлення. В результаті біологічного очищення органічні забруднення стічних вод перетворюються в нешкідливі продукти окислення – H_2O , CO_2 , NO^{3-} , SO_4^{2-} і ін. Мікроорганізми при цьому отримують все необхідне для їх життя – енергію і матеріал для конструктивного метаболізму (відновлення зруйнованих речовин їх клітини і приріст біомаси). Таким чином, вони вилучають з води забруднення, які потім виносяться з газоподібними продуктами обміну та власною біомасою у вигляді активного мулу [10].

Активний мул являє собою темно-коричневі пластівці розміром 2-3 мм і більше. На 70% він складається з живих організмів і на 30% з твердих частинок

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ6116.ДП | Арк. |
| | | | | | | 32 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

неорганічної природи. Видовий склад активного мулу, перш за все, залежить від складу стоків, які надходять в аеротенк [11].

В біоценозах активного мулу присутні гетеротрофні бактерії і ціанобактерії, гриби, а також найпростіші (джгутикові, амеби, інфузорії, саркодові), багатоклітинні (коловертки, нематоди, черви) [12].

В цілому мікробний склад активного мулу досить різноманітний, однак в активних мулах очисних споруд, на яких відбувається очищення промислових стоків із значним вмістом токсичних речовин, бактеріальне різноманіття представлено меншим числом форм, ніж при очищенні господарсько-побутових стічних вод.

Характеристика мікроорганізмів активного мулу

Бактерії

Pseudomonadiales. 50-80% бактерій мікробних ценозів, що виділяють з активного мулу при очищенні промислових стоків, належать до порядку *Pseudomonadiales*. До нього відносяться бактерії, що окиснюють нітрити (*Nitrosomonas*), молекулярний водень (*Hydrogenomonas*), відновлені сполуки сірки (*Sulfomonas*, *Thiobacillus*) і ін [13].

Hydrogenomonas добре ростуть на аліфатичних карбонових (жирних) кислотах, ароматичних і гетероциклічних сполуках. Водневі бактерії відносяться до міксотрофів і використовують для відновного синтезу неорганічні (H_2 , CO_2) і органічні субстрати. У цих бактерій запасною речовиною служить полі- β -оксималяна кислота, яка залучається до клітинного обміну як джерело вуглецю [14].

Sulfomonas поділяються на хемолітотрофів і хемоорганотрофів. Вони можуть окиснювати різні сполуки сірки (S , H_2S , $S_2O_3^{2-}$), а також використовувати в якості джерел вуглецю органічні сполуки [15].

Bacterium. У промислових стічних водах зустрічається близько 80 видів роду *Bacterium*. Найбільш часто зустрічаються бактерії, що засвоюють феноли (*Bact. jophagum*, *Bact. cycloclastes*). Серед них часто зустрічаються ауксотрофні види.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ6116.ДП | Арк. |
| | | | | | | 33 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

З групи амоніфікаторів в стічних водах зустрічаються *Bact. mycoides*. Термофільні варіанти *Bact. mycoides* відносяться до факультативних анаеробів. Багато амоніфікуючих бактерії відновлюють нітрати до нітритів і газоподібного азоту. Нітрифікуючі бактерії відносяться до родів *Bacterium*, *Pseudobacterium* [16].

Процеси нітрифікації, денітрифікації та зв'язування атмосферного азоту складають основу кругообігу азоту в очисних і каналізаційних спорудах. Як показали дослідження, зв'язування атмосферного азоту відіграє важливу роль в процесах біохімічного очищення, споруди якої заселяються представниками роду *Azotobacter*. Крім азотобактера, в процесах зв'язування азоту беруть участь і інші мікроорганізми, які синтезують дегідрогенази [17].

З групи сіркобактерій в промислових стоках зустрічаються *Thiobacterium* і *Thiothrix*, які окислюють сульфіді, тіосульфати, сірководень. *Thiobact. denitrificans* відновлюють нітрати, використовуючи при цьому енергію, одержувану при окисленні сірчистих сполук.

Corynebacterium, *Arthrobacter*. Коринебактерії окиснюють карбонові кислоти і аліфатичні вуглеводні з довгим ланцюгом. *Arthrobacter* переважає в групах мікроаерофільних аеробів і мезофілов - окисників жирних кислот.

Actinomyces, *Nocardia*, *Streptomyces*. Актиноміцети відрізняються здатністю розщеплювати парафінові і ароматичні вуглеводні.

Проактіноміцети (рід *Nocardia*) окиснюють насичені і ненасичені вуглеводні. Вони утворюють міцелій, який розпадається на паличкоподібні клітини.

Bacillus. Бацили переважають серед мікроаерофільних і факультативно анаеробних форм. В біоценозах, що окиснюють аліфатичні вуглеводні, кількість бацил складає 5-20% мікробного угруповання аеротенків [17].

Найпростіші мікроорганізми

Найпростіші, поряд з коловертками, водними кліщами і нематодами, поїдаючи поодинокі плаваючі бактерії, забезпечують:

1) зниження каламутності стоків,

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ6116.ДП | Арк. |
| | | | | | | 34 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

- 2) розпушення мулу;
- 3) підвищення ефективності водоочищення;
- 4) регулюють видовий та віковий склад мікроорганізмів, підтримуючи його склад на оптимальному рівні.

Отже, найпростіші організми у складі активного мулу мають ряд важливих функцій: регулюють кількість бактерій в активному мулі, підтримуючи його оптимальний кількісний і видовий склад; сприяють осадженню мулу, поглинаючи завислі речовини, створюють динамічну рівновагу екосистеми активного мулу, освітлюють очищену стічну воду. Найпростіші беруть участь у видаленні нефлокульованих, відмираючих мікроорганізмів, а також патогенних [18].

Найбільш поширеними найпростішими мікроорганізмами, які виділяють з активного мулу є саркодові (амеби) і інфузорії: сисні, війчасті, джгутикові.

Саркодові: Амеба *Sarcodina*. Наявність амеб у складі активного мулу свідчить про погану роботу очисних споруд.

Ameba limax. Стійкі до високих навантажень по БСК, нестачі кисню.

Інфузорії: інфузорії жгутикові. *Mastigophora* — зменшення кількості бактеріальних клітин і інтенсифікація мікробіологічних процесів, тобто регулює видовий та віковий склад мікроорганізмів, підтримуючи його на оптимальному рівні [15].

Війчасті інфузорії. *Ciliata*. Переважання війчастих інфузорій в активному мулі характеризує хорошу роботу біологічних окисників.

Сисні інфузорії. *Suctoria*. Показник глибокого очищення з нітрифікацією. Безбарвні джгутикові інфузорії. *Mastigophora (Flagellata)*. *Bodo*, *Oicomonas*. Переважання безбарвних джгутикових інфузорій в активних мулах характеризує незадовільну роботу очисних споруд.

Вільноплаваючі інфузорії (великі форми). Стійкі до нестачі кисню, до поганого перемішування мулу, його осадження і гниття, перевантажень по легкоокиснювальній органіці. За добу одна інфузорія пропускає через свій організм від 20 до 40 тис. бактерій [13].

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ6116.ДП | Арк. |
| | | | | | | 35 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Прикріплені інфузорії. Для них характерна чутливість до нестачі кисню, перевантажень по легкоокиснювальній органіці, поганого перемішування мулової суміші і впливу токсикантів. Тому, як правило, наявність цих мікроорганізмів в активному мулі свідчить про нормальну роботу очисних споруд та високу якість очищення води [10].

Багатоклітинні організми

Коловертки *Rotatoria*. Присутність коловерток служить показником забезпеченості киснем активного мулу. Для них характерна широка екологічна пластичність, окремі види стійкі до різких коливань рН. Як правило, мають високу чутливість до нестачі кисню.

Коловертки хижі. Присутність хижих коловерток в активному мулі характеризує високу якість очищення, добре розвинений процес нітрифікації, хороші умови аерації, задовільну мінералізацію мулу.

Нематоди. Для них характерна висока екологічна пластичність, деякі види не чутливі до нестачі кисню в муловій суміші. Кількість нематод є показником ступеня мінералізації пластівців мулу, при згущенні і переущільненні яких нематоди можуть значно збільшувати свою чисельність [16,18].

Якісна характеристика і кількість мікроорганізмів, що заселяють стічні води, осади і мули, залежить від умов утворення і складу стоків, системи водопостачання та каналізації, технології очищення води, санітарного стану очисних споруд. Систематичний контроль над кількістю мікроорганізмів в стічній і відпрацьованій воді, в мулі і опадах дозволяє встановити місце і умови розмноження бактерій і поліпшити показники роботи очисних споруд.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ6116.ДП | Арк. |
| | | | | | | 36 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

РОЗДІЛ 2. БІОХІМІЧНІ ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД МІСТА ТА ПЛОДООВОЧЕКОНСЕРВНОГО ЗАВОДУ

2.1 Схема перебігу процесів при аеробному окисненні органічних речовин

Для того щоб відбувався процес біохімічного окиснення органічних речовин, що знаходяться в стічних водах, вони повинні потрапити до клітин мікроорганізмів. До поверхні клітин речовини надходять за рахунок конвективної і молекулярної дифузії, а усередину клітин – вільною або полегшеною дифузією через напівпроникні цитоплазматичні мембрани за рахунок концентраційного градієнту, що виникає внаслідок різниці концентрацій речовин у клітині і поза нею [10].

Основну роль у процесі очищення стічних вод відіграють процеси перетворення речовини, що протікають усередині клітин мікроорганізмів. Ці процеси закінчуються окисненням речовини з виділенням енергії і синтезом нових речовин з витратою цієї енергії [11].

Біохімічні процеси, що протікають в аеротенку, можуть бути розділені на два етапи:

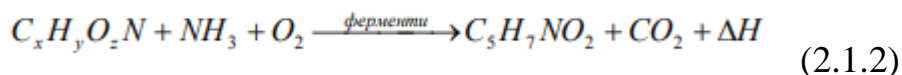
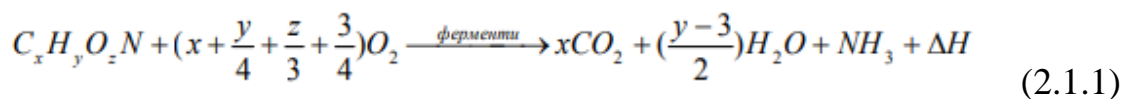
1) адсорбція поверхнею активного мулу органічних речовин і мінералізація речовин, що легко окиснюються, при інтенсивному використанні кисню;

2) доокиснення органічних речовин, що повільно окиснюються, регенерація активного мулу. На цьому етапі кисень споживається повільніше.

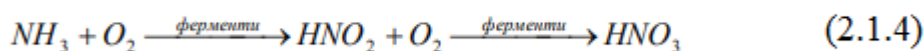
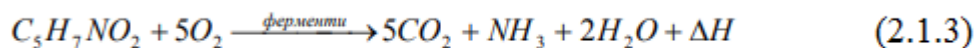
Усередині клітини хімічні сполуки піддаються різним анаболічним і катаболічним перетворенням. Анаболічні перетворення приводять до синтезу нових клітинних компонентів, а катаболічні є джерелами необхідної для клітини енергії. Сумарні реакції біохімічного окиснення в аеробних умовах

| | | | | | | | | |
|----------|------|---------------|--------|------|---|-------------------------------|------|---------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ6116.ДП | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | БІОХІМІЧНІ ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД МІСТА ТА ПЛОДООВОЧЕКОНСЕРВНОГО ЗАВОДУ | Стадія | Арк. | Акрушіє |
| Розроб. | | Проніна Я.А. | | | | | | |
| Конс. | | | | | | | 37 | 88 |
| Керів. | | Зубченко Л.С. | | | | КПІ ім. Ігоря Сікорського,ФБТ | | |
| Затверд. | | | | | | | | |

схематично можна представити в наступному вигляді [12]:



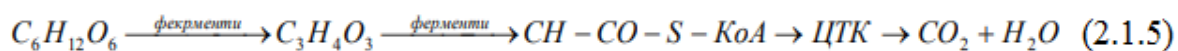
Реакція (2.1.1) показує характер окиснення речовини для задоволення енергетичних потреб клітини, реакція (2.1.2) – для синтезу клітинної речовини. Витрати кисню на ці реакції складають БПК_{повн.} стічної води. Якщо процес окиснення проводити далі, то починається перетворення клітинної речовини:



де: $C_xH_yO_zN$ – всі органічні речовини стічних вод; $C_5H_7NO_2$ – середнє співвідношення основних елементів у клітинній речовині бактерій;

ΔH – тепловий ефект реакції [13].

Окиснення вуглеводів. Окиснення вуглеводів описується складною схемою:



Цикл трикарбоновых кислот (цикл Кребса, цикл лимонної кислоти) складається із серії послідовних реакцій, які каталізують десять різних ферментів (рис.6). Послідовність реакцій описана нижче. Ацетил-КоА конденсується з щавлево-оцтовою кислотою, утворює лимонну кислоту, що ізомеризується в цис-аконітову кислоту, а потім у ізолимонну кислоту, що піддається окисному декарбоксилюванню. Цей процес протікає в дві стадії: спочатку відбувається дегідровання ізолимонної кислоти з утворенням щавлевобурштинової кислоти, яка потім декарбоксилюється, перетворюючись в кетоглутарову кислоту. Далі відбувається окисне декарбоксилювання

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ6116.ДП | Арк. |
| | | | | | | 38 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

кетоглутарової кислоти й утворюється сукциніл-КоА, що перетворюється у вільну бурштинову кислоту. Далі йде дегідрогенування бурштинової кислоти з утворенням фумарової кислоти, що перетворюється в яблучну кислоту. Після дегідрогенування виникає щавлево-оцтова кислота, що може знову конденсуватися з ацетил-КоА ($\text{CH}_3\text{-CO-S-CoA}$) [10].

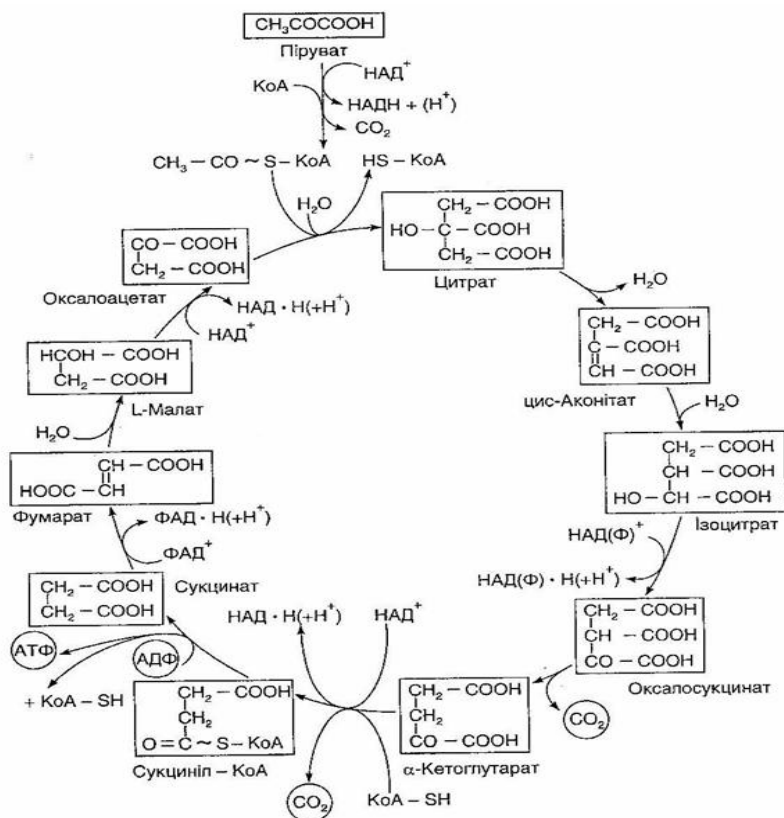
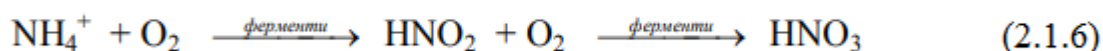


Рисунок 6 – Послідовність реакцій циклу трикарбонових кислот [10]

Нітрифікація і денітрифікація. При очищенні стічних вод під дією нітрифікуючих бактерій протікають процеси нітрифікації і денітрифікації. Нітрифікуючі бактерії окиснюють азот амонійних сполук спочатку до нітритів, а потім до нітратів. Цей процес називається нітрифікацією і протікає він в дві стадії. Перша стадія – нітритація - виконується бактеріями-окисниками амонію та археями-окисниками амонію. Найпоширенішими серед них є роди *Nitrosomonas* та *Nitrosococcus*. Серед архей відомий тільки рід *Nitrosopumilus maritimus*. Друга стадія нітрифікації – нітратація – виконуються бактеріями-окисниками нітриту, які належать до роду *Nitrobacter* та *Nitrospira* [4].

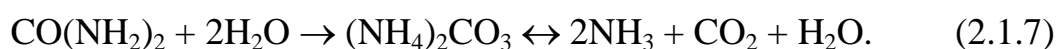
Нітрифікація є кінцевою стадією мінералізації азотвмісних органічних речовин. Присутність нітрат-іонів в очищеній стічній воді є одним з показників повноти очищення:



Денітрифікація – процес багатоступеневий і може протікати з утворенням аміаку, молекулярного азоту або оксидів азоту. При очищенні стічних вод денітрифікація протікає головним чином з утворенням азоту (рідко утворюється NH_3) [4]:

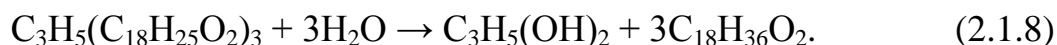


Азотвмісні сполуки розкладаються з виділенням азоту у вигляді аміаку. Наприклад, карбамід (сечовина) розкладається по рівнянню:



Розкладання органічних сполук може відбуватися через утворення амінокислот, що далі виділяють аміак при протіканні різних процесів [4].

Окиснення жирів. Здатність до розщеплення жирів мають багато мікроорганізмів. Під впливом ферменту ліпази, яка міститься в пурпурних бактеріях, актиноміцетах, грибах родів *Aspergillus* і *Penicillium*, відбувається гідроліз жирів на гліцерин і жирні кислоти:



Після гліцерин окиснюється до піровиноградної кислоти і далі в циклі трикарбонових кислот – до вуглекислого газу і води. Жирні кислоти погано розчиняються у воді, практично не піддаються окисненню і тому розщеплю-

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ6116.ДП | Арк. |
| | | | | | | 40 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

ються повільно. Механізм окиснення здійснюється за допомогою коферменту А ацетилпохідних і в послідовному відщепленні дикарбонових залишків у формі ацетилкофермента А. Серед бактерій активним мінералізатором жирів є *Pseudomonas fluorescens*. Як і всі представники цього роду, *Ps. fluorescens* дрібна рухлива неспороносна паличка, по Граму не забарвлюється, утворює зелений пігмент. Представники цього виду постійно присутні в активних мулах і біоплівці. Здатність до розщеплення жирів відзначена також у *Ps. putrescens*, *Bacillus fluorescens*, *Ps. liquefaciens*, *Achromobacter lipolyticum*, мікобактерій і багатьох інших бактерій і грибів [9].

2.2. Характеристика кінцевого продукту

Кінцевим продуктом біотехнології очищення стічних вод овочеконсервного заводу та міста є очищена стічна вода, всі показники якої відповідають нормам скиду у водойму рибогосподарського типу користування та розрахованому необхідному ступеню очищення.

Характеристика очищеної стічної води овочеконсервного заводу та міста надана в таблиці 5.

Таблиця 5 – Характеристика очищених стічних вод овочеконсервного заводу та міста

| Показники забрудненості, мг/дм ³ | Величина показників в стічній воді після очищення |
|---|---|
| Завислі речовини | 15 |
| БСКповн | 15 |
| ХСК | 80 |
| Залишковий активний хлор | 1,5 |

Дана вода є безпечною, не шкідливою за хімічним складом. Має задовільні органолептичні властивості.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ6116.ДП | Арк. |
| | | | | | | 41 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

РОЗДІЛ 3 ТЕХНОЛОГІЯ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД МІСТА ТА ПЛОДООВЧЕКОНСЕРВНОГО ЗАВОДУ

3.1 Сировина і матеріали

При очищенні стічних вод овочеконсервного заводу та міста використовується основна сировина та утворюються напівпродукти. До основної сировини відносять забруднену стічну воду міста та стічні води овочеконсервного заводу. До допоміжної сировини відносяться реагенти, повітря та інше, що необхідно для проведення процесу очищення.

До напівпродуктів, які утворюються в результаті очищення стічних вод, а саме після первинного та вторинного відстоювання, відносять надлишковий активний мул та осад .

В таблиці 6 винесена характеристика сировини, матеріалів та напівпродуктів.

Таблиця 6 – Характеристика сировини, матеріалів та напівпродуктів

| Найменування | Категорія і номер НТД для перевірки сировини | Нормативне значення показників | Примітка |
|---|--|--|--------------------|
| Основна сировина: | | | |
| 1.Забруднена стічна вода овочеконсервного заводу та міста | Правила приймання стічних вод до систем централізованого водовідведення від 01.12.2017 | Температура, С | 10-40 |
| | | рН, од. рН | 6,5-9 |
| | | Масова концентрація завислих речовин, мг/дм ³ , не більше | 285, не більше 300 |
| | | ХСК, мг/дм ³ , не більше | 500 |
| | | БСКповн, мг/дм ³ , не більше | 338, не більше 350 |
| | | ПАР | 10, не більше 10 |

| | | | | | | | | |
|----------|------|---------------|--------|------|--|--------------------------------|------|---------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ6116.ДП | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | |
| Розроб. | | Проніна Я.А. | | | ТЕХНОЛОГІЯ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД МІСТА ТА ПЛОДООВЧЕКОНСЕРВНОГО ЗАВОДУ | Стадія | Арк. | Акрушіє |
| Конс. | | | | | | | 42 | 88 |
| Керів. | | Зубченко Л.С. | | | | КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ | | |
| Затверд. | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

| | | | |
|----------------------|---|--|---------|
| 2. Вода водопровідна | Технологічний регламент системи водокористування КДМ-1, 2008 р. | Температура, С, не більше | 30 |
| | | рН, од. рН | 6,5-8,0 |
| | | Загальна жорсткість, мг-екв/дм ³ , не більше | 3,5 |
| | | Запах, бал | 0 |
| | | Кольоровість, ПКШ, не більше | 50 |
| | | Масова концентрація завислих речовин, мг/дм ³ , не більше | 20,0 |
| | | Перманганатна окиснюваність, мг/дм ³ , не більше | 80,0 |
| | | ХСК, мг/дм ³ , не більше | 120,0 |
| | | БСК5, мг/дм ³ , не більше | 20,0 |
| | | Сухий залишок, мг/дм ³ , не більше | 20,0 |
| Хлорна вода | ДСТУ 6718-93. Хлор рідкий. Технічні умови | Об'ємна частка хлору,%, не менше | 99,6 |
| | | Масова частка води,%, не більше | 0,01 |
| | | Масова частка трихлористого азоту,%, не більше | 0,02 |
| | | Масова частка нелеткого залишку,%, не більше | 0,015 |

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ6116.ДП | Арк. |
| | | | | | | 43 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

| Допоміжна сировина: | | | |
|-----------------------------|--|---|---|
| 3. Хлорид заліза, технічний | ТУ У 24.1-05444552-045-2005 Заліза (III) хлорид технічний (розчин). Технічні умови | Зовнішній вигляд | Рідина темно-червоного кольору |
| | | Масова частка FeCl ₃ , %, не менше | 40 |
| | | Масова частка FeCl ₂ , %, не більше | 1 |
| | | Масова частка нерозчинних у воді речовин, % не більше | 2 |
| 4. Негашене вапно | ДСТУ Б В.2.7-90:2011 Вапно будівельне. Технічні умови | Зовнішній вигляд | Білий порошкоподібний продукт із різким запахом хлору |
| | | Вміст СаО, % не менше | 85 |
| Напівпродукти | | | |
| 5. Осад | ДБН В.2.5 -75:2013 | Вологість, % | 95 |
| 6. НАМ | ДБН В.2.5 -75:2013 | Вологість, % | 98 |
| 7. Освітлена стічна вода | Очищена СВ | Завислі речовини, мг/дм ³ | 285 |

3.2. Опис технологічного процесу біологічного очищення стічних вод овочеконсервного заводу та міста

ДР 1 Підготовка аераційного повітря

При подачі повітря в реактори необхідно забезпечити виконання чотирьох основних операцій:

- стиснення повітря для подолання опору повітроводів та арматури;
- регулювання температури та вологості ;
- видалення пилу та інших завислих у повітрі частинок.

ДР 1.1 Забір повітря з атмосфери

Здійснюється забір атмосферного повітря за допомогою повітрозабірників, що знаходяться за межами повітродувної станції, з точкою забору 4-6 м вище рівня землі. Забір повітря відбувається при мінімальній температурі – 20°C, максимальній +40°C.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ6116.ДП | Арк. |
| | | | | | | 44 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

ДР 1.2 Фільтрування повітря

Повітря очищується крізь волокнистий фільтр, що затримує пил, механічні часточки. Фільтрувальним матеріалом є тканина Петрянова (ФПП-15-30) з максимальним діаметром часток, що затримуються 1,5 мкм, ефективністю очищення 98%. На даному етапі контролюється ефективність очищення. Повітря направляється на стадію ДР 1.3.

ДР 1.3 Компресування повітря

Під час цього процесу повітря стискається під тиском, вище атмосферного. Для стиснення повітря використовуються повітродувки продуктивністю 190 м³/ хв зі стисненим повітрям до 2,5 бар (0,25 МПа). На даній стадії кожну годину здійснюється технологічний контроль тиску за допомогою технічного манометру. Повітря подається на стадії ТП 5, ПВ 8.2, ПВ8.7.

ДР 2 Підготовка хлорної води

Для знезараження побутових стічних вод застосовують хлорну воду, яку готують наступним чином. Хлор поставляється на очисні станції в балонах чи контейнерах, у яких він знаходиться під надлишковим тиском переважно в рідкому стані. Внаслідок малої розчинності рідкого хлору його попередньо переводять у газоподібний стан після чого розчиняють у воді. Хлор-газ із балонів чи бочок надходить у проміжний балон, в якому осаджуються краплинки рідини, пил тощо. Через запірний вентиль він далі надходить у фільтр, де повністю очищається від неосілого пилу. Очищений хлор проходить через редуційний клапан, який являє собою пристрій для підтримання постійного тиску (0,01-0,02 МПа) перед витратоміром. Відповідно до ДБН В 2.5-75:2013 розрахункова доза активного хлору для біологічного очищення стічних вод становить 3 мг/м³. На даній стадії здійснюється технологічний контроль - концентрації розчиненого газу хлору у воді. Розчин надходить на ТП 7.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ6116.ДП | Арк. |
| | | | | | | 45 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

ДР 3 Приготування розчину коагулянту

Для покращення водовіддаючих властивостей стабілізованого осаду проводять обробку коагулянтами – розчином хлориду заліза (ІІІ) марки Б та розчином негашеного вапна. При використанні хлориду заліза в якості коагулянту утворюються гідроксиди заліза, які погано розчиняються у воді.

Вони сорбують на розвиненій пластинчастій поверхні завислі, дрібнодисперсні і колоїдні речовини і при сприятливих умовах осідають на дно відстійника, що призводить до утворення осаду. Розчин хлориду заліза готують шляхом розбавлення вихідного розчину з концентрацією 40% до концентрації 10%. Розчин направляють на ПВ 8.6.

ТП 4 Механічна очистка стічних вод

Стічні води піддаються механічній обробці, метою якої є відділення великих часток, що забруднюють воду.

ТП 4.1 Очищення на решітках-дробарках

Першим етапом механічного очищення є видалення крупно габаритних відходів зі стічної води на решітках-дробарках. Решітки встановлюються в розширених каналах перед пісковловлювачами. Швидкість потоку рідини в решітці становить до 0,8-1,0 м/с. Стічна вода проціджується через решітки, а відходи, які затримуються на ґратах решітки подрібнюються і викидаються у потік води перед решітками. Передбачається встановлення двох агрегатів, з яких один – постійно діючий, інший – запасний. Також на цю стадію перекачуються мулові води від мулоущільнювачів, дренажні води від мулового майданчика та фільтрат після зневоднення осаду. На даному етапі здійснюється технологічний контроль пропускної здатності ґраток, яка показує ступінь забруднення решітки крупними домішками.

ТП 4.2 Очищення на пісковловлювачах

Пісковловлювачі є обов'язковими спорудами в технологічній схемі водоочищення, оскільки пісок та інші важкі мінеральні речовини негативно впливають на роботу відстійників. Оптимальна швидкість руху води в горизонтальних пісковловлювачах 0,15-0,3 м/с гідравлічна крупність піску, що

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ6116.ДП | Арк. |
| | | | | | | 46 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

затримується складає 18,7-24,2 м/с, на виході з пісковловлювачів кожна секція обладнана гідравлічним затвором. Для видалення піску секції пісковловлювачів обладнані скребковим механізмом, за допомогою якого пісок згрібається з днища та подається в бункер, який знаходиться на початку секції. Пісок видаляється із бункера періодично (двічі на добу) гідроелеватором. Піщана пульпа видаляється на піскові майданчики, які являють собою дренавані обваловані ділянки. Дренажна вода з піскових майданчиків перекачується насосами в голову очисних споруд на ТП 4. Стічна вода з пісковловлювачів подається на освітлення в первинні відстійники на ТП 4.3.

ТП 4.3 Очищення в первинних відстійниках

Стічні води після решіток і пісковловлювачів містять у великій кількості суспендовані тверді речовини – нерозчинні грубодисперсні домішки з щільністю, відмінною від густини води, які знаходяться у завислому і плаваючому стані. З метою запобігання посиленому приросту активного мулу у аеротенках концентрація завислих твердих речовин у стічних водах перед цією спорудою не повинна перевищувати 150 мг/дм³. Ефективність видалення завислих речовин становить 49 %. Радіальні відстійники мають діаметр 30 м, діаметр розподільного пристрою 1,8 м, гідравлічну глибину 3,4 м, висоту зони осаду 0,3 м, об'єм зони осаду 210 м³. Концентрація завислих речовин на виході з відстійника 150 мг/дм³. На даному етапі проводиться технологічний контроль.

Осад з первинних відстійників прямує на стабілізацію до аеробного стабілізатора (АС-25), а стічна вода надходить на біологічне очищення в аеротенк-витиснювач.

ТП 5 Очистка освітлених стічних вод в аеротенку-витиснювачі

З ТП 4.3 вода подається на очищення в аеротенк-витиснювач з регенерацією активного мулу. За схемою активний мул подається безпосередньо на вхід в аеротенк. Стічна вода подається на початок третього коридору. До аеротенку підводиться повітрорудна станція для аерування суміші і підтримки її у завислому стані повітрям, яке підготовлене на стадії ДР 1. На цій стадії контролюється інтенсивність аерації, рН стічної води і температура

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ6116.ДП | Арк. |
| | | | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 47 |

двічі на добу. Приймається чотирьохкоридорний аеротенк з 4 секціями з робочою глибиною $H = 4,4$ м, шириною секцій $B = 6$ м з загальним об'ємом 12888 м^3 з інтенсивністю аерації $8,6 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{год}$ з регенерацією.

Після біологічного очищення вода подається на вторинний відстійник, де відбувається відокремлення активного мулу від очищеної води.

ТП 6 Відстоювання у вторинних відстійниках

Вода із надлишковим активним мулом надходить у розподільний канал вторинних відстійників, а потім у розподільну чашу кожної групи відстійників і через водозлив переливається у відстійники. Відстоювання відбувається протягом 1,5 годин. Рециркуляційний активний мул повертається на вхід до аеротенку на ТП 5. Надлишковий активний мул, що накопичується у вторинному відстійнику, збирається і направляється на стадію ПВ 8.1. На даній стадії проводиться технологічний контроль.

ТП 7 Знезараження очищеної стічної води

Для знезараження очищена вода, яка надходить з вторинних відстійників змішується з розчином хлору у воді у змішувачі. Хлорну воду подають у вигляді розчину, який готують на стадії ДР 2. Експлуатація приміщень, в яких розміщені хлораторні, вимагає суворого дотримання правил техніки безпеки.

ТП 7.1 Змішування очищеної стічної води з хлорною водою

Для знезараження очищена вода, яка надходить з вторинних відстійників змішується з розчином хлору у воді у змішувачі. Хлорну воду подають у вигляді розчину, який готують на стадії ДР 2. Експлуатація приміщень, в яких розміщені хлораторні, вимагає суворого дотримання правил техніки безпеки.

ТП 7.2 Знезараження очищеної води в контактному резервуарі

Суміш очищеної води з хлорною водою подається в контактний резервуар. Час контакту стічної води з хлором становить 30 хв. Кількість споруд обирається не менше 2. Усі показники відстежуються з урахуванням норм спуску води у природні водойми: Залишкова концентрація активного

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ6116.ДП | Арк. |
| | | | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 48 |

хлору $C_{\text{(активного хлору зал.)}} \geq 1,5 \text{ мг/дм}^3$. Очищена вода після знезараження скидається у водойму.

ПВ 8 Обробка надлишково активного мулу та осаду

ПВ 8.1 Ущільнення надлишкового активного мулу

Проводиться етап ущільнення для відділення мулової води від мулу. За рахунок сили тяжіння мул осідає на дно споруди звідки перекачується насосом для подальшої обробки. Тривалість ущільнення 4 години. На даній стадії проводиться технічний контроль. Мул ущільнюється до вологості 96%.

ПВ 8.2 Аеробна стабілізація надлишково активного мулу і осаду

Осад з первинних відстійників зі стадії ТП 4.3 та ущільнений активний мул зі стадії ПВ 8.1 подаються до аеробного стабілізатора.

Аеробна стабілізація осадів полягає в тривалій аерації в таких спорудах, як аеробні стабілізатори, внаслідок чого значна частина органічної речовини розпадається на кінцеві продукти— CO_2 , H_2O . Повітря для аерації подається зі стадії ДР 1.3. Вміст патогенних мікроорганізмів і вірусів при цьому знижується на 70-90%, проте яйця гельмінтів не гинуть. Тривалість перебування осадів в стабілізаторі 7 діб —. Залишкові органічні речовини стабілізуються, тобто втрачають здатність до гниття. Близько 31% беззольної речовини активного мулу піддається біохімічному розпаду. Вміст вологи у стабілізованому осаді складає 95%.

ПВ 8.3 Дегельмінтизація стабілізованого осаду та мулу

Дегельмінтизація стабілізованого осаду відбувається за рахунок гарячої пари при температурі 70°C , протягом 20 хв. В результаті яйця гельмінтів гинуть, а розвиток патогенних мікроорганізмів і вірусів пригнічується.

ПВ 8.4 Промивання осаду

Осад промивають очищеною водою, що надходить зі стадії ТП 7.2. Тривалість процесу 30 хв. Далі осад подається на ПВ 8.5.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ6116.ДП | Арк. |
| | | | | | | 49 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

ПВ 8.5 Ущільнення осаду

Промитий осад ущільнюється у мулоущільнювачі. Вологість осаду після ущільнення – 99,4%. Процес триває 12 годин і осад подається на стадію ПВ 8.6. Мулова вода подається до ТП 4.

ПВ 8.6 Змішування осаду з коагулянтном

Ущільнений осад змішується з розчином коагулянту, попередньо підготовленого на ДР 3 – хлориду заліза (III), який взаємодіє з утворенням пластівців осаду гідроксиду заліза. Також додають негашене вапно. Поєднання двох реагентів забезпечує більш якісну коагуляцію осаду та покращує його водоувіддаючі властивості.

ПВ 8.7 Зневоднення осаду на вакуум-фільтрах

Після попередньої обробки осад подається на барабанні вакуум- фільтри безперервної дії. Вакуум-насоси забезпечують необхідне для зневоднення осаду розрідження $p = 0,05$ МПа. Для відділення осаду з фільтрувальної тканини використовують стиснене повітря. Процес фільтрування при цьому займає $t = 3-4$ хв. Утворений фільтрат відводиться до ТП 4. Вологість осаду після зневоднення становить 65%. Утворений кек направляють на вивезення.

ПВ 9 Підсушування на аварійних мулових майданчиках

У разі аварійної ситуації на станції механічного зневоднення для підсушування осаду зі стадії ПВ 9.3 передбачені мулові майданчики. Площа мулових майданчиків розраховується на 20% від річної кількості осаду, що надходить на станцію. Дренажна вода направляється на ТП 4. Зневоднений осад на вивезення.

ПВ 10 Підсушування на піскових майданчиках

Піщана пульпа від ТП 4.2 надходить на піскові майданчики. Дренажна вода насосами подається на стадію ТП 4. Пісок відправляють на вивезення.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ6116.ДП | Арк. |
| | | | | | | 50 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

3.3 Контроль виробництва

В процесі очищення стічних вод для забезпечення якісної очистки відбувається постійний контроль на всіх етапах процесу для визначення ефективності кінцевого результату. Даний контроль здійснюється за допомогою відбору проб та їх аналізу та за допомогою контрольно-вимірювальних приладів. План контролю наданий у таблиці 7.

Таблиця 7 – Точки і параметри контролю виробництва

| № | Стадія процесу, місце заміру параметра або відбору проби | Параметр, що контролюється | Частота контролю | Норми технологічного режиму та допустимі відхилення | Методи контролю | Метод контролю параметра, тип приладу |
|---|--|---|---|---|-----------------|---|
| 1 | Попередньо очищені стічні води заводу та міста | Витрати стічних вод, м ³ /добу | 1 раз на добу | 45000, $\delta = \pm 3\%$ | Кт | Акустичний витратомір ЕХО-Р-02, клас точності 3 |
| | | рН | Кожні 2 години і 1 раз на добу (середньодобова проба) | 6,7-8 $\delta = \pm 0,05$ | Кх | Іономір лабораторний І-160. Клас точності 3. |

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ6116.ДП | Арк. |
| | | | | | | 51 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

| | | | | | | |
|---|--|--|--|--|----|--|
| | | Масова концентрація завислих речовин, мг/дм ³ | Кожні 2 години і 1 раз на добу (середньодобова проба) | 202 $\delta = \pm 10\%$ | Кх | КНД 211.1.4.039-95 |
| | | Температура, °C | Кожні 2 години, і 1 раз на добу (середньодобова проба) | Не більше 40, $\Delta = \pm 0,1$ оC | Кт | МВВ № 081/12-0311-06 Термометр ц.п. 0,1C |
| | | ХСК, мг/дм ³ | 2 рази на тиждень | 480 $\delta = \pm (15-30)\%$ | Кх | КНД 211.1.4.021-95 |
| | | БСКповн, мг/дм ³ | 2 рази на тиждень | 255 $\Delta = \pm (15-30)\%$ | Кх | КНД 211.1.4.024-95 |
| 2 | Підготовка аераційного повітря | Робочий тиск нагнітання в повітродувці, МПа | 1 раз за годину | 2,5 $\delta = \pm 2,5\%$ | Кт | Манометр ОБМ1-100 Межа вимірювання 0-1 Клас точності 2,5 |
| 3 | Підготовка хлорної води | Масова концентрація хлору, мг/дм ³ | 1 раз на годину | 85 $\delta = \pm (10-15)\%$ | Кх | Концентрато-мір КОХ-1 |
| 4 | Підготовка 10% розчину хлорного заліза | Масова концентрація хлорного заліза, мг/дм ³ | 1 раз на годину | 10 $\delta = \pm (10-15)\%$ | Кх | Концентрато-мір КОХ-1 |
| 5 | Очищення на пісковловлювачах | Масова концентрація піску та мінеральних домішок на вході мг/дм ³ | 1 раз на добу | 2,5 $\delta = \pm 5\%$ | Кт | КНД 211.1.4.045-95 |

| | | | | | | |
|---|---------------------------------|---|---|-------------------------------|----|--|
| | | Масова концентрація піску та мінеральних домішок на виході мг/дм ³ | 1 раз на добу | 0,8 $\delta = \pm 5\%$ | Кт | КНД 211.1.4.045-95 |
| 6 | Первинне відстоювання | Масова концентрація завислих речовин на вході мг/дм ³ | Кожні 2 години і 1 раз на добу (середньодобова проба) | 285 $\delta = \pm 10\%$ | Кт | КНД 211.1.4.039-95 |
| | | Масова концентрація завислих речовин на виході мг/дм ³ | Кожні 2 години і 1 раз на добу (середньодобова проба) | 150 $\delta = \pm 10\%$ | Кт | КНД 211.1.4.039-95 |
| 7 | Біологічне очищення в аеротенку | Муловий індекс, см ³ /г | 1 раз у добову зміну | 85 | Кт | Методика лабораторного контролю за роботою каналізаційних очисних споруд |
| | | Доза активного мулу, г/дм ³ | 3 рази на тиждень | 2,5 | Кт | Методика лабораторного контролю за роботою каналізаційних очисних споруд |
| | | pH | Кожні 2 години і 1 раз на добу (середньодобова проба) | 6,7-8 $\delta = \pm 0,1$ | Кх | МВВ № 081/12-0317-06 Іономір лабораторний I-160 |
| | | Температура, °C | Кожні 2 години і 1 раз на добу (середньодобова проба) | 17-20 $\Delta = \pm 0,1\%$ | Кт | МВВ № 081/12-0311-06 Термометр ц.п. 0,1C |

| | | | | | | |
|----|--|--|-------------------|-----------|------|---|
| | | Склад активного мулу | 3 рази на тиждень | | Км б | Методика лабораторного контролю за роботою каналізаційних очисних споруд Мікроскоп Leica DM3000 |
| 8 | Вторинне відстоювання | Вологість надлишкового активного мулу, % | 3 рази на тиждень | 99,2-99,7 | Кт | Методика лабораторного контролю за роботою каналізаційних очисних споруд |
| | | Ступінь рециркуляції | 4 рази на тиждень | 0,3 | Кт | Методика лабораторного контролю за роботою каналізаційних очисних споруд |
| 9 | Змішування очищеної води з хлорною водою | Доза активного хлору, мг/дм ³ | 1 раз на добу | 5 | Кх | Дозатор-витратомір 8010 |
| | | Залишкова доза активного хлору, мг/дм ³ | 1 раз на добу | 1,5 | | |
| | | Колі -індекс | 1 раз на добу | <3 | Км б | Методика лабораторного контролю за роботою каналізаційних очисних споруд |
| | | Вміст патогенних м/о | 1 раз на добу | <333 | Км б | Методика лабораторного контролю за роботою каналізаційних очисних споруд |
| 10 | Ущільнення HAM | Вологість , % | 1 раз на тиждень | 98 | Кх | Методика лабораторного контролю за роботою каналізаційних очисних споруд |

| | | | | | | |
|----|--|--|------------------|----------------------------|------|--|
| 11 | Аеробна стабілізація осаду та активного мулу | Вологість осаду, % | 1 раз на тиждень | 98,5 | Кт | Методика лабораторного контролю за роботою каналізаційних очисних споруд |
| | | Мікроскопіювання осаду | 1 раз на тиждень | | Км б | Методика лабораторного контролю за роботою каналізаційних очисних споруд, Мікроскоп Leica DM3000 |
| 12 | Дегельмінтизація осаду | Температура, °C | Кожну годину | 70 $\Delta = \pm 0,1\%$ | Кт | МВВ № 081/12-0311-06 Термометр ц.п. 0,1C |
| 13 | Ущільнення осаду | Вологість осаду, % | 1 раз на тиждень | 96,5 | Кт | Методика лабораторного контролю за роботою каналізаційних очисних споруд |
| 14 | Реагентне кондиціонування осаду | Масова концентрація хлорного заліза, % | 1 раз на добу | 10 | Кт | Концентратомір KOX-1 |
| | | Концентрація негашеного вапна | 1 раз на добу | 30 | Кх | Дозатор-витратомір 8011 |
| 15 | Зневоднення на вакуум фільтрі | Вологість осаду, % | 1 раз на тиждень | 65 | Кт | Методика лабораторного контролю за роботою каналізаційних очисних споруд |
| | | Робочий тиск, МПа | 1 раз на годину | 0,05 | Кт | Манометр ОБМІ-100 |

3.4 Матеріальний баланс

Матеріальний баланс розраховується для стадій сумісної обробки стічних вод овочеконсервного заводу та міста. Розрахунок ведеться на добову витрату стічних вод.

Витрати та надходження матеріальних ресурсів та відповідності їх обсягів надані в таблиці 8.

Таблиця 8 – Матеріальний баланс очищення стічних вод

| № | Стадія процесу | Використано | | | Отримано | | |
|---|--|--|-----------|----------------------|--|-----------|----------------------|
| | | Назва сировини, матеріалів та напівпродуктів | Кількість | | Назва сировини, матеріалів та напівпродуктів | Кількість | |
| | | | т/добу | м ³ /добу | | т/добу | м ³ /добу |
| 1 | Механічне очищення СВ. Очищення в пісковловлювачах | Суміш стічних вод міста та локально очищених СВ плодоовочеко нсєвного заводу | 45000 | 45000 | Суміш стічних вод міста та локально очищених СВ плодоовочеко нсєвного заводу | 44934 | 44934 |
| | | | | | Пісок | 39,9 | 26,6 |
| | | Втрати | | | | 66 | |
| | | Всього | 45000 | | | 45000 | 45000 |
| 2 | Механічне очищення СВ. Очищення у первинному відстійнику | Суміш стічних вод міста та локально очищених СВ плодоовочеко нсєвного заводу | 44934 | | Освітлена стічна вода | 44894 | |
| | | | | | Осад | 40 т | |
| | | Втрати | | | | | |
| | | Всього | 44934 | | | 44934 | |

| | | | | | | | |
|------|--|--------------------------------|---------|------|----------------------------------|---------|------|
| 3 | Біологічне очищення в аеротенку | Освітлена стічна вода | 44894 | | СВ після біологічного очищення | 47030 | |
| | | РАМ | 4128 | | | | |
| | | Втрати | | | | 50 | |
| | | Всього | 49022 | | | 49022 | |
| 4 | Очищення у вторинному відстійнику | СВ після біологічного очищення | 48972 | | Очищена СВ | 43561 | |
| | | | | | НАМ | 1283 | 1283 |
| | | | | | РАМ | 4128 | |
| | | Втрати | | | | | |
| | | Всього | 48972 | | | 48972 | |
| 5 | Знезараження | Очищена СВ | 43561 | | Знезаражена СВ | 43626,3 | |
| | | Розчин хлорної води | 65,3 | | | | |
| | | Втрати | | | | | |
| | | Всього | 43626,3 | | | 43626,3 | |
| 6 | Ущільнення НАМ | НАМ | 7700 | | Ущільнений НАМ | 1283 | |
| | | | | | Мулова вода | 6417 | |
| | | Втрати | | | | | |
| | | Всього | 7700 | | | 7700 | |
| 7 | Аеробна стабілізація та ущільнення осаду та активного мулу | Осад | 40 | | Стабілізовані та ущільнений осад | 169 | |
| | | НАМ | 1283 | | | 1150 | |
| | | Втрати | | | | 4 | |
| | | Всього | 1323 | | | 1323 | |
| | | | | | ЕКБ.БЕ6116.ДП | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | |
| | | | | | Арк. | | |
| | | | | | 57 | | |

Продовження Таблиці 8

| | | | | | | | |
|--------|-------------------------------|-----------------|-------|--|------------------|-------|--|
| 8 | Зневоднення на вакуум фільтрі | Ущільнений осад | 169 | | Зневоднений осад | 21 | |
| | | | | | Фільтрат | 147 | |
| | | Втрати | | | | 1 | |
| | | Всього | 169 | | | 169 | |
| Всього | | | 45000 | | | 45000 | |

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ6116.ДП | Арк. |
| | | | | | | 58 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

РОЗДІЛ 4. ВИБІР І ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЛАДНАННЯ

4.1 Розрахунок первинних відстійників

Тип відстійника – радіальний. Ефективність E_{set} відстоювання обумовлюється тим, що на біологічне очищення рекомендується подавати воду з вмістом завислих речовин, який не перевищує 150 мг/дм^3 .

Ефективність видалення завислих речовин у первинних відстійниках обчислюється за формулою:

$$E_{set} = \frac{C_{zp}^n - C_{zp}^k}{C_{zp}^n} \cdot 100\% = \frac{295 - 150}{295} \cdot 100\% = 49\% \quad (4.1.1)$$

де C_{zp}^n - початкова концентрація завислих речовин на вході в споруду, мг/дм^3 (згідно попередніх розрахунків 295 мг/дм^3); C_{zp}^k – концентрація завислих речовин на виході зі споруди, мг/дм^3 (приймається 150 мг/дм^3) [1].

Тривалість відстоювання стічних вод, при якій забезпечується необхідний ефект прояснення стічних вод, визначається за (дод. А, табл. А.2 [5]) і становить: $t_{set}=633\text{с}$.

Гідравлічна крупність частинок, які будуть затримуватись у первинних відстійниках, становить:

$$U_o = \frac{1000 \cdot K_{set} \cdot H_{set}}{\alpha \cdot t_{set} \cdot \left(\frac{K_{set} \cdot H_{set}}{h} \right)^{n_2}} = \frac{1000 \cdot 0,45 \cdot 2}{1 \cdot 633 \cdot \left(\frac{0,45 \cdot 2}{0,5} \right)^{0,2}} = 1,26 \text{ мм/с} \quad (4.1.2)$$

де K_{set} – коефіцієнт використання зони об'єму, залежить від типу відстійника (для радіального відстійника дорівнює $0,45$); H_{set} – робоча глибина відстійника, залежить від типу відстійника (для радіального відстійника дорівнює 2 м); α – коефіцієнт, що враховує температуру стічних вод ([5] дод. А, табл. А.3); t_{set} – тривалість відстоювання, с (з попередніх розрахунків дорівнює 633 с); h – висота циліндра, м (дорівнює $0,5 \text{ м}$); n_2 – показник степеня, який залежить від агломерації частинок ($0,2$) ([5] дод. А, табл. А.4).

| | | | | | | | | |
|----------|------|---------------|--------|------|--------------------------------------|-------------------------------|------|---------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ6116.ДП | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | ВИБІР І ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЛАДНАННЯ | Стадія | Арк. | Акрушіє |
| Розроб. | | Проніна Я.А. | | | | | | |
| Конс. | | | | | | | 59 | 88 |
| Керів. | | Зубченко Л.С. | | | | КПІ ім. Ігоря Сікорського,ФБТ | | |
| Затверд. | | | | | | | | |

Визначаємо продуктивність первинного відстійника. Для радіального типу відстійника:

$$q_{set} = 2,8 \cdot K_{set} \cdot (D^2 - d^2)(U_o - v) = \\ = 2,8 \cdot 0,45 \cdot (30^2 - 1,8^2)(1,3 - 0) = 1423 \text{ м}^3/\text{год}, \quad (4.1.3)$$

де D – діаметр відстійника, м (приймаємо 30 м, за типовими розмірами); d – діаметр розподільного пристрою радіального відстійника, м (дорівнює 1,8 м) (дод. А, табл. А.5); v – турбулентна складова приймається в залежності від швидкості руху стічних вод у споруді 5-10 мм/с, приймаємо за 0 ([5] дод. А, табл. А.6).

При визначенні розмірів відстійників доцільно орієнтуватися на розміри типових споруд. Кількість відстійників повинна бути не менша двох. Кількість первинних відстійників визначається за формулою:

$$N = \frac{Q_{max} \cdot 1,2}{q_{set}} = \frac{2808 \cdot 1,2}{1423} = 2 \text{ шт}, \quad (4.1.4)$$

де Q_{max} – максимальна витрата суміші стічних вод, м³/год (згідно розрахунку дорівнює 2808 м³/год); 1,2 – коефіцієнт збільшення у разі мінімальної кількості первинних відстійників N .

Приймаємо 2 первинних радіальних відстійника діаметром 30 м за типовим проектом ТП 902-2-378.83:

- діаметр відстійника 30 м,
- діаметр розподільного пристрою 1,8 м,
- гідравлічна глибина 3,4 м,
- висота зони осаду 0,3 м,
- об'єм зони осаду 340 м³.

Розраховуємо фактичну продуктивність одного відстійника діаметром 24 м:

$$q_{\phi} = \frac{Q_{max}}{N_{\phi}} = \frac{2808}{2} = 1404 \text{ м}^3/\text{год} \quad (4.1.5)$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ6116.ДП | Арк. |
| | | | | | | 60 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Фактична гідравлічна крупність затриманих частинок становить:

$$U_o^{\phi} = \frac{q_{\phi}}{2,8 \cdot K_{set} \cdot (D^2 - d^2)} = \frac{1404}{2,8 \cdot 0,45 \cdot (30^2 - 1,8^2)} = 1,24 \text{ мм/с} \quad (4.1.6)$$

Фактична тривалість перебування стічних вод у первинному відстійнику становить:

$$t_{set}^{\phi} = \frac{1000 \cdot K_{set} \cdot H_{set}}{U_o^{\phi} \cdot \alpha \cdot \left(\frac{K_{set} \cdot H_{set}}{h}\right)^{n_2}} = \frac{1000 \cdot 0,45 \cdot 2}{1,24 \cdot 1 \cdot \left(\frac{0,45 \cdot 2}{0,5}\right)^{0,2}} = 645 \text{ с.} \quad (4.1.7)$$

Фактична ефективність прояснення стічних вод при $C_{\text{поч}}$ і t_{set}^{ϕ} становить ([5] дод. А, табл. А.1): $E^{\phi}=49\%$.

При отриманому E^{ϕ} концентрація завислих речовин:

$$C_{зр}^{к.ф} = C_{зр}^п - \frac{E^{\phi} \cdot C_{зр}^п}{100} = 295 - \frac{49 \cdot 295}{100} = 149 \text{ мг/дм}^3 \quad (4.1.8)$$

Маса сухої речовини осаду, що затримується у первинних відстійниках, становить:

$$M_{oc} = \frac{(C_{зр}^п - C_{зр}^{к.ф}) \cdot Q_{\text{сер.доб}} \cdot K}{10^6} = \frac{(295 - 149) \cdot 45000 \cdot 1,2}{10^6} = 7,8 \text{ т/добу}, \quad (4.1.9)$$

де $Q_{\text{сер.доб}}$ – витрата стічних вод, $\text{м}^3/\text{доб}$; $K=1,1-1,2$ – коефіцієнт, що враховує збільшення об'єму осаду за рахунок крупних часток зависі, які не виявляються при відборі проб для аналізу.

Добовий об'єм осаду:

$$V = \frac{100 \cdot M_{oc}}{100 - W_{oc}} = \frac{100 \cdot 7,8}{100 - 95} = 156 \text{ м}^3, \quad (4.1.10)$$

де W_{oc} – вологість осаду, %.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ6116.ДП | Арк. |
| | | | | | | 61 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

4.2. Розрахунок аеротенка

Значення $БСК_{повн}$ стічних вод, які надходять в аеротенк, становить 276 мг/дм^3 . Згідно [1], при концентрації $БСК_{повн} < 500 \text{ мг/дм}^3$ приймаємо аеротенк-витиснювач з регенерацією активного мулу ($БСК_{повн} > 150 \text{ мг/дм}^3$).

Попередньо приймаємо дозу активного мулу в зоні аерації в межах $2,5 \text{ г/дм}^3$ та значення мулового індексу $85 \text{ см}^3/\text{г}$. Для прийнятих значень визначається ступінь рециркуляції активного мулу:

$$R = \frac{a_a}{\frac{1000}{J} - 2,5} = \frac{2,5}{\frac{1000}{85} - 2,5} = 0,27, \quad (4.2.1)$$

де a_a – доза мулу, що дорівнює $2,5 \text{ г/дм}^3$; J – муловий індекс, який становить $85 \text{ см}^3/\text{г}$.

Згідно з [1, п.6.145], значення R , при видаленні активного мулу з вторинних відстійників за допомогою мулососів має бути не менше $0,3$, тому для подальших розрахунків приймаємо $R=0,3$ (за допомогою мулоскребів – $0,4$; самопливом – $0,6$).

Доза активного мулу в регенераторі визначається за формулою:

$$a_p = a_a \cdot \left(\frac{1}{2R} + 1 \right) = 2,5 \cdot \left(\frac{1}{2 \cdot 0,3} + 1 \right) = 6,7 \text{ г/дм}^3 \quad (4.2.2)$$

Концентрація органічних забруднень за $БСК_{повн}$ в суміші стічних вод та циркуляційного активного мулу визначається за формулою:

$$L_{\text{сум}} = \frac{C_{\text{сум,БСК}}^a + C_{\text{БСК}}^k \cdot R}{1+R} = \frac{304 + 15 \cdot 0,3}{1+0,3} = 237 \text{ мг/дм}^3 \quad (4.2.3)$$

де $C_{\text{сум,БСК}}^a$ – показник $БСК_{повн}$ стічних вод, що надходять в аеротенк, з врахуванням зниження $БСК$ після первинного відстоювання на 10% , мг/дм^3 ; $C_{\text{БСК}}^k$ – показник $БСК_{повн}$ в очищеній воді після повного біологічного очищення, мг/дм^3 .

Тривалість обробки стічних вод в аеротенку визначається за формулою:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ6116.ДП | Арк. |
| | | | | | | 62 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$t_a = \frac{2,5}{\sqrt{a_a}} \cdot \lg \frac{L_{\text{сум}}}{C_{\text{БСК}}^k} = \frac{2,5}{\sqrt{2,5}} \cdot \lg \frac{237}{15} = 1,8 \text{ год} \quad (4.2.4)$$

Питома швидкість окиснення забруднень активним мулом визначається за формулою:

$$\rho = \rho_{\text{max}} \frac{C_{\text{БСК}}^k \cdot C_o}{C_{\text{БСК}}^k \cdot C_o + K_L \cdot C_o + K_o \cdot C_{\text{БСК}}^k} \cdot \frac{1}{1 + \varphi \cdot a_p} =$$

$$85 \frac{15 \cdot 2}{15 \cdot 2 + 33 \cdot 2 + 0,625 \cdot 15} \cdot \frac{1}{1 + 0,07 \cdot 6,7} = 16,5 \frac{\text{мг}}{\text{г} \cdot \text{год}}, \quad (4.2.5)$$

де $\rho_{\text{max}} = 85 \text{ мг}/(\text{г} \cdot \text{год})$ – максимальна швидкість окиснення стічних вод [1, табл.40]; C_o – концентрація розчиненого кисню в муловій суміші, яка приймається $2 \text{ мг}/\text{дм}^3$; K_L – константа, яка характеризує властивості органічних забруднень, складає $33 \text{ мг} \cdot \text{БПК}_{\text{повн}}/\text{дм}^3$ [1, табл.40]; K_o – константа, яка характеризує вплив кисню, становить $0,625 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ [1, табл.40]; φ – коефіцієнт інгібування продуктами розпаду активного мулу, складає $0,07 \text{ дм}^3/\text{г}$ [1, табл.40].

Тривалість окиснення органічних забруднень визначається за формулою:

$$t_o = \frac{C_{\text{сум,БСК}}^a - C_{\text{БСК}}^k}{a_p(1-S) \cdot \rho \cdot R} \cdot \frac{15}{T_{\text{сер,р}}} = \frac{304 - 15}{6,7(1 - 0,3) \cdot 16,5 \cdot 0,3} \cdot \frac{15}{20} = 9,3 \text{ год}, \quad (4.2.6)$$

де S – зольність активного мулу, приймається $0,3$; $T_{\text{сер,р}}$ – середньорічна температура стічних вод, становить 20°C (за завданням).

Тривалість регенерації активного мулу:

$$t_p = t_o - t_a = 9,3 - 1,8 = 7,5 \text{ год}. \quad (4.2.7)$$

Середня тривалість перебування стічних вод в системі аеротенк-регенератор буде дорівнювати:

$$t_{\text{сер}} = (1 + R) \cdot t_a + t_p \cdot R = (1 + 0,3) \cdot 1,8 + 7,5 \cdot 0,3 = 4,6 \text{ год}. \quad (4.2.8)$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ6116.ДП | Арк. |
| | | | | | | 63 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Середня доза активного мулу в системі аеротенк-регенератор визначається за формулою:

(4.2.9)

$$a_{\text{сер}} = \frac{a_a(1+R) \cdot t_a + a_p \cdot R \cdot t_p}{t_{\text{сер}}} = \frac{2,5(1+0,3) \cdot 1,8 + 6,7 \cdot 0,3 \cdot 7,5}{4,6} = 4,5 \text{ г/г} \cdot \text{м}^3.$$

Навантаження на активний мул при прийнятих вихідних даних буде складати:

$$q_m = \frac{24(C_{\text{сум.БСК}}^a - C_{\text{БСК}}^k)}{a_{\text{сер}} \cdot (1-S) \cdot t_{\text{сер}}} = \frac{24(304-15)}{4,5 \cdot (1-0,3) \cdot 4,6} = 479 \text{ мг/г} \cdot \text{добу}. \quad (4.2.10)$$

З урахуванням навантаження на активний мул визначається фактичне значення мулового індексу, згідно [1,табл.41], ([5] дод. А, табл. А.8), яке становить: $I_{\phi}=84 \text{ см}^3/\text{г}$.

При фактичному значення мулового індексу ступінь рециркуляції становитиме:

$$R^{\phi} = \frac{a_a}{\frac{1000}{I_m} - a_a} = \frac{2,5}{\frac{1000}{84} - 2,5} = 0,22. \quad (4.2.11)$$

Робочий об'єм аеротенка та регенератора визначається за формулами:

$$\begin{aligned} W_a &= (1 + R) \cdot t_a \cdot Q_{\text{max}} = (1 + 0,3) \cdot 1,8 \cdot 2808 = 6570 \text{ м}^3, \\ W_p &= t_p \cdot R \cdot Q_{\text{max}} = 7,5 \cdot 0,3 \cdot 2808 = 6318 \text{ м}^3, \end{aligned} \quad (4.2.12)$$

де Q_{max} – максимальна витрата суміші стічних вод, $\text{м}^3/\text{год}$.

Загальний об'єм становить:

$$W = W_a + W_p = 6570 + 6318 = 12888 \text{ м}^3. \quad (4.2.13)$$

Об'єм однієї секції складає:

$$W_1 = \frac{W}{N} = \frac{12888}{4} = 3222 \text{ м}^3. \quad (4.2.15)$$

Приймається чотирьохкоридорний аеротенк з 4 секціями з робочою глибиною $H=4,4 \text{ м}$; шириною коридорів $B=6 \text{ м}$ [3, табл. 27.7].

Довжина секції становить:

$$L = \frac{W}{B \cdot H \cdot N \cdot n_k} = \frac{12888}{4,4 \cdot 6 \cdot 4 \cdot 4} = 30, \quad (4.2.16)$$

де N – кількість секцій аеротенка, шт.; n_k – кількість коридорів у секції, шт.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ6116.ДП | Арк. |
| | | | | | | 64 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Визначається розподіл рециркуляційного активного мулу зі співвідношення:

$$\frac{W_p}{W} = \frac{6318}{12888} \cdot 100 = 49 \%. \quad (4.2.17)$$

Отже, приймаємо 4 секції чотирьохкоридорного аеротенка, з яких 2 коридори виділяється на регенерацію, 2 – на аеротенк. Робоча глибина 4,4м, ширина коридору – 6 м.

Приріст активного мулу в аеротенку розраховується за формулою:

$$P = 0,8 \cdot C_{3P}^{kf} + K_p \cdot C_{\text{сум, БСК}}^a = 0,8 \cdot 149 + 0,3 \cdot 304 = 210 \text{ мг/дм}^3, \quad (4.2.18)$$

де C_{3P}^{kf} – концентрація завислих речовин, що надходить в аеротенк, мг/дм³; K_p – коефіцієнт приросту активного мулу, становить 0,3.

Аеротенки обладнуються системою аерації. Приймається дрібнобульбашкова система аерації, її розрахунок полягає у визначенні питомої витрати повітря на аерацію, яка визначається за формулою:

$$q_{\text{пов}} = \frac{q_o \cdot (C_{\text{сум}}^{\text{БСК}} - L_w)}{K_1 K_2 K_3 K_T (C_a - C_o)} = \frac{1,1 \cdot (338 - 15)}{1,68 \cdot 2,68 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot (10,1 - 2)} = 11,5 \text{ м}^3/\text{м}^3 \quad (4.2.19)$$

де q_o – питома витрата кисню повітря, що приймається при повному біологічному очищенні 1,1 мг/дм³; K_1 – коефіцієнт, який враховує тип аератора і приймається для дрібнобульбашкової аерації в залежності від співвідношення площі аерованої зони та аеротенка ($f_{a.3}/f_a$) [1, табл.42]; K_2 – коефіцієнт, який залежить від глибини занурення аераторів [1, табл.43]; K_3 – коефіцієнт якості води для міських стічних вод [1, табл.44]; K_T – коефіцієнт, що враховує температуру стічних вод, який визначається в залежності від середньомісячної температури стічних вод ($T_{\text{сер.р}}$) за виразом:

$$K_T = 1 + 0,02 \cdot (T_{\text{сер.р}} - 20) = 1 + 0,02 \cdot (20 - 20) = 1 \quad (4.2.20)$$

де C_a – розчинність кисню повітря у воді, яка визначається в залежності від глибини занурення аераторів (h_a) за формулою:

$$C_a = \left(1 + \frac{h_a}{20,6}\right) \cdot C_T = \left(1 + \frac{4,4}{20,6}\right) \cdot 8,33 = 10,1 \text{ мг/дм}^3, \quad (4.2.21)$$

де C_T – розчинність кисню у воді в залежності від температури та атмосферного

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ6116.ДП | Арк. |
| | | | | | | 65 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

тиску, становить $8,33 \text{ мг/дм}^3$ [4, табл. 3.5, дод. А, табл. А.7]; C_0 – середня концентрація кисню в аеротенку, яку приймають 2 мг/дм^3 .

Інтенсивність аерації мулової суміші в аеротенку визначається за формулою:

$$I = \frac{q_{\text{пов}} \cdot H}{t_{\text{сер}}} = \frac{11,5 \cdot 4,4}{4,6} = 11 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{год}, \quad (4.2.22)$$

де H – глибина аеротенка, м.

В регенераторах рекомендується приймати кількість аераторів у 2 рази більшою, ніж в аеротенках, тоді інтенсивність аерації буде складати: в аеротенку - $I_a = 0,67 I_{\text{сер}}$, у регенераторі - $I_p = 1,33 I_{\text{сер}}$.

$$I_p = 1,33 \cdot I = 1,33 \cdot 11 = 14,6 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год}) \quad (4.2.23)$$

$$I_a = 0,67 \cdot I = 0,67 \cdot 11 = 7,4 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год}) \quad (4.2.24)$$

Отримані значення мають бути в межах $I_a^{\min} < I_a$, $I_p < I_a^{\max}$. Згідно [1, табл.42 і табл.43] приймають $I_a^{\min} = 3,3 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$, $I_a^{\max} = 20 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$.

Загальна витрата повітря, яке подається в аеротенк, визначається за середньою витратою стічних вод за час аерації в години максимального припливу:

$$Q_{\text{пов}}^{\text{сер}} = q_{\text{пов}} \cdot Q_{\text{max}} = 11,5 \cdot 2808 = 32292 \text{ м}^3/\text{год} \quad (4.2.25)$$

Повітродувки підбирають за каталогом, виходячи із загальних витрат напору і розрахункової витрати повітря.

4.3. Розрахунок вторинних відстійників після аеротенків

Вторинні відстійники служать для затримання активного мулу після аеротенків, число яких варто приймати не менше трьох за умови, що усі відстійники є робочими. Доцільно приймати вторинні відстійники того ж типу, що і первинні. Розрахунок вторинних відстійників здійснюється за гідравлічним навантаженням на одиницю площі поверхні, яке для відстійників після аеротенків визначається за формулою:

$$q = \frac{4,5 \cdot K_{\text{відст}} \cdot H_{3.в.}^{0,8}}{(0,1 \cdot J_M^{\Phi} \cdot a_a)^{0,5-0,01 \cdot a_t}} = \frac{4,5 \cdot 0,4 \cdot 4,4}{(0,1 \cdot 84 \cdot 2,5)^{0,5-0,01 \cdot 15}} = 2,7 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год}), \quad (4.3.1)$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ6116.ДП | Арк. |
| | | | | | | 66 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

де $K_{\text{відст.}}$ – коефіцієнт використання об'єму відстійників, що приймається для радіальних – 0,4; $H_{\text{з.в.}}$ – глибина зони відстоювання, м; $J_{\text{м}}^{\text{ф}}$ – фактичне значення мулового індексу, $\text{см}^3/\text{г}$; $a_{\text{а}}$ – концентрація активного мулу в аеротенку, $\text{г}/\text{дм}^3$; $a_{\text{т}}$ – концентрація активного мулу у воді після відстоювання ($15 \text{ мг}/\text{дм}^3$), $\text{мг}/\text{дм}^3$.

Загальна площа поверхні вторинних відстійників визначається за формулою:

$$F_{\text{відст}} = \frac{Q_{\text{max}}}{q} = \frac{2808}{2,7} = 1040 \text{ м}^2 \quad (4.3.2)$$

де Q_{max} – максимальна витрата стічних вод з врахуванням рециркуляційної витрати (при необхідності), $\text{м}^3/\text{год}$.

Кількість вторинних відстійників приймається не менше трьох, усі відстійники – робочі.

Визначаємо кількість вторинних відстійників:

$$N = \frac{F_{\text{відст}} \cdot 4}{\pi D^2} = \frac{1040 \cdot 4}{3,14 \cdot 24^2} = 2,3 \text{ шт.} \quad (4.3.3)$$

Приймаємо 3 радіальних відстійника за типовим проектом 902-2-88/75:

- діаметр – 24 м;
- глибина – 3,7 м;
- діаметр трубопроводу (підвідного) – 1200 мм;
- діаметр трубопроводу (відвідного) – 700 мм;
- об'єм зони (мулової) - 280 м^3 ;
- об'єм зони (відстійника) – 1400 м^3 .

4.4. Розрахунок загальної витрати осадів

Для розрахунку метантенка або аеробного стабілізатора потрібно визначити витрату сухої речовини осаду:

Маса сухої речовини осаду, що затримується у первинних відстійниках, становить:

$$M_{\text{ос}} = \frac{(C_{\text{зр}}^{\text{п}} - C_{\text{зр}}^{\text{к.ф}}) \cdot Q_{\text{сер.доб}} \cdot K}{10^6} = \frac{(295 - 149) \cdot 45000 \cdot 1,2}{10^6} = 7,8 \text{ т/добу}, \quad (4.4.1)$$

де $Q_{\text{сер.доб}}$ – витрата стічних вод, $\text{м}^3/\text{доб}$; $K=1,1-1,2$ – коефіцієнт, що враховує

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ6116.ДП | Арк. |
| | | | | | | 67 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

збільшення об'єму осаду за рахунок крупних часток зависі, які не виявляються при відборі проб для аналізу.

Добовий об'єм осаду:

$$V = \frac{100 \cdot M_{oc}}{100 - W_{oc}} = \frac{100 \cdot 7,8}{100 - 95} = 156 \text{ м}^3 \quad (4.4.2)$$

де W_{oc} – вологість осаду, %.

$$O_{сух} = \frac{C_{зр}^{сум} \cdot E \cdot k \cdot Q_{сум,доб}}{10^6} = \frac{285 \cdot 0,49 \cdot 1,2 \cdot 45000}{10^6} = 7,5 \text{ т/доб}, \quad (4.4.3)$$

де $C_{зр}^{сум}$ – концентрація завислих речовин в суміші побутових і виробничих стічних вод міста, мг/дм³ (згідно розрахунків 285 мг/дм³); E – ефект затримання завислих речовин у первинних відстійниках, % (згідно розрахунків 0,49); k – коефіцієнт, що враховує крупні частинки, які не уловлюються при відборі проб (рекомендується приймати рівним 1,1-1,2); $Q_{сум,доб}$ – розрахункова витрата стічних вод, м³/добу (згідно завдання 45000 м³/добу).

Приріст активного мулу в аеротенку розраховується за формулою:

$$П = 0,8 \cdot C_{зр}^{кф} + K_{п} \cdot C_{сум,БСК}^a = 0,8 \cdot 149 + 0,3 \cdot 304 = 210 \text{ мг/дм}^3, \quad (4.4.4)$$

де $C_{зр}^{кф}$ – концентрація завислих речовин, що надходить в аеротенк, мг/дм³; $K_{п}$ – коефіцієнт приросту активного мулу, становить 0,3.

Визначається витрата надлишкового активного мулу:

$$M_{сух} = \frac{Q_{сум,доб} \cdot (П - b)}{10^6} = \frac{45000 \cdot (210 - 15)}{10^6} = 8,7 \text{ т/доб}, \quad (4.4.5)$$

де $П$ – приріст активного мулу, мг/дм³; b – концентрація активного мулу в стічній воді на виході із вторинних відстійників, 15 мг/дм³.

Витрату беззольної речовини осаду ($O_{без}$) та надлишкового активного мулу ($M_{без}$) визначають за формулами:

$$O_{без} = \frac{O_{сух} \cdot (100 - B_{oc}) \cdot (100 - 3_{oc})}{10^4}, \text{ т/доб}, \quad (4.4.9)$$

$$O_{без} = \frac{7,5 \cdot (100 - 5) \cdot (100 - 30)}{10^4} = 4,9 \text{ т/доб}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ6116.ДП | Арк. |
| | | | | | | 68 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$M_{\text{без}} = \frac{M_{\text{сух}} \cdot (100 - B_{\text{м}}) \cdot (100 - Z_{\text{м}})}{10^4}, m / \text{доб}, \quad (4.4.10)$$

$$M_{\text{без}} = \frac{8,7 \cdot (100 - 5) \cdot (100 - 30)}{10^4} = 5,7 \text{ м/доб},$$

де $B_{\text{ос}}$ та $B_{\text{м}}$ – гігроскопічна вологість осаду та активного мулу, яка приймається 5-6 %; $Z_{\text{ос}}$ та $Z_{\text{м}}$ – зольності, відповідно, осаду та активного мулу, які для побутових стічних вод приймають рівними 30%.

Витрати осаду та активного мулу фактичної вологості за умови, що їх густина дорівнює 1 т/м^3 , визначають за формулами:

$$V_{\text{ос}} = \frac{100 \cdot O_{\text{сух}}}{(100 - W_{\text{ос}})}, \text{м}^3 / \text{доб}, \quad (4.4.11)$$

$$V_{\text{ос}} = \frac{100 \cdot 7,5}{(100 - 95)} = 150 \text{ м}^3 / \text{доб}$$

$$V_{\text{м}} = \frac{100 \cdot M_{\text{сух}}}{(100 - W_{\text{м}})}, \text{м}^3 / \text{доб}, \quad (4.4.12)$$

$$V_{\text{м}} = \frac{100 \cdot 8,7}{(100 - 99,4)} = 1450 \text{ м}^3 / \text{доб},$$

де $W_{\text{ос}}$ – вологість осаду, яка приймається: при самопливному видаленні – 95 %; $W_{\text{м}}$ – вологість ущільненого мулу, %, 99,4% [1, табл. 58].

Вміст сухої речовини у осаді:

$$S_{\text{сух}} = O_{\text{сух}} + M_{\text{сух}}, m / \text{доб}. \quad (4.4.13)$$

$$S_{\text{сух}} = 7,5 + 8,7 = 16,2 \text{ м/доб}$$

Вміст беззольної речовини осади:

$$S_{\text{без}} = O_{\text{без}} + M_{\text{без}}, m / \text{доб}. \quad (4.4.14)$$

$$S_{\text{без}} = 4,9 + 5,7 = 10,6 \text{ м/доб}$$

Загальна витрата осаду та активного мулу буде складати:

$$V_{\text{заг}} = V_{\text{ос}} + V_{\text{м}}, \text{м}^3 / \text{доб}. \quad (4.4.15)$$

$$V_{\text{заг}} = 150 + 1450 = 1600 \text{ м}^3 / \text{доб}$$

Загальна вологість суміші осаду та активного мулу буде дорівнювати:

$$W_{\text{заг}} = 100 \cdot \left(1 - \frac{S_{\text{сух}}}{V_{\text{заг}}}\right), \%. \quad (4.4.20)$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ6116.ДП | Арк. |
| | | | | | | 69 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$W_{\text{заг}} = 100 \cdot \left(1 - \frac{16,2}{1600}\right) = 98,9\%$$

Загальна зольність суміші осаду та активного мулу буде дорівнювати:

$$Z_{\text{заг}} = \left[1 - \frac{S_{\text{бес}}}{O_{\text{сух}} \cdot \left(\frac{100 - B_{\text{ос.}}}{100}\right) + M_{\text{сух}} \cdot \left(\frac{100 - B_{\text{м.}}}{100}\right)} \right] \cdot 100, \% \quad (4.4.21)$$

$$Z_{\text{заг}} = \left[1 - \frac{10,6}{7,5 \cdot \left(\frac{100 - 5}{100}\right) + 8,7 \cdot \left(\frac{100 - 5}{100}\right)} \right] \cdot 100 = 31\%$$

4.5. Розрахунок аеробного стабілізатора

Розрахунковий об'єм аеробного стабілізатора складає:

$$V_{\text{ac}} = V_{\text{заг}} \cdot t_{\text{ac}}, \text{ м}^3, \quad (4.5.1)$$

$$V_{\text{ac}} = 1600 \cdot 7 = 11200 \text{ м}^3$$

де t_{ac} – тривалість стабілізації осаду при температурі, яка приймається рівною мінімальній середньомісячній температурі стічних вод, діб (для суміші осадів приймається 7 діб).

При розпаді в процесі аеробної стабілізації 40 % беззольної речовини осадів (X) маса сухої речовини аеробно стабілізованого осаду складе:

$$M_{\text{сух}}^{\text{ac}} = S_{\text{сух}} - S_{\text{бес}} \cdot \frac{(100 - X)}{100}, \text{ м / доб}. \quad (4.5.2)$$

$$M_{\text{сух}}^{\text{ac}} = 16,2 - 10,6 \cdot \frac{(100 - 40)}{100} = 3,4 \text{ м / доб}$$

Ущільнення аеробно стабілізованого осаду доцільно здійснювати у спеціально виділеній зоні в середині аеробного стабілізатора. Об'єм зони ущільнення осаду при цьому складе:

$$V_{\text{зу}} = (V_{\text{заг}} \cdot t_{\text{у}}) / 24 \quad (4.5.3)$$

$$V_{\text{зу}} = (1600 \cdot 5) / 24 = 333 \text{ м}^3$$

де $t_{\text{у}}$ – тривалість ущільнення аеробно стабілізованого осаду, яка приймається не більше 5 годин [1, п. 6.367], діб.

Аеробну стабілізацію влаштовують у спорудах типу коридорних

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ6116.ДП | Арк. |
| | | | | | | 70 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

аеротенків [2].

Обираємо аеробний стабілізатор за ТП 902-2-268 (типовий проект для аеротенка-змішувача) з такими параметрами [5]:

| | |
|--------------------------------------|------|
| Робочий об'єм секції, м ³ | 3780 |
| Довжина секції, м | 42 |
| Ширина коридору, м | 6 |
| Робоча глибина, м | 5 |
| Число коридорів, шт | 3 |

Кількість секцій аеробного стабілізатора (не менше двох) при цьому складе:

$$N_{ac} = \frac{(V_{ac} + V_{з.у.})}{V_1}, шт, \quad (4.5.4)$$

$$N_{ac} = \frac{(11200+333)}{3780} = 2,5 = 3 шт,$$

де V_1 – об'єм однієї секції аеробного стабілізатора, м³.

Фактичний сумарний об'єм аеробного стабілізатора при цьому складе:

$$V_{a.c.}^{\phi} = (V_1 \cdot N_{a.c.}^{\phi}) - V_{з.у.}, м^3, \quad (4.5.5)$$

$$V_{a.c.}^{\phi} = (3780 \cdot 3) - 333 = 11007 м^3$$

де $N_{a.c.}^{\phi}$ – прийнята кількість секцій аеробного стабілізатора.

Витрата повітря, що подається в аеробний стабілізатор, повинна складати:

$$Q_{нов.}^{a.c.} = V_{a.c.}^{\phi} \cdot q_{ac}, м^3 / год, \quad (4.5.6)$$

$$Q_{пов.}^{a.c.} = 11007 \cdot 2 = 22014 м^3 / год,$$

де $q_{a.c.}$ – питома витрата повітря, м³/год на 1 м³ об'єму аеробного стабілізатора.

Приймається рівною 2 м³/(год·м³) у залежності від вологості суміші осаду і надлишкового активного мулу $B_{сум}$, відповідно, 96,5% [1, п. 6.366].

Інтенсивність аерації при цьому складає:

$$I = \frac{Q_{нов.}^{a.c.} \cdot H}{V_{a.c.}^{\phi}}, м^3 / (м^2 \cdot год), \quad (4.5.7)$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ6116.ДП | Арк. |
| | | | | | | 71 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$I = \frac{22014 \cdot 5}{11007} = 10 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год}),$$

де Н – гідравлічна глибина аеробного стабілізатора, м, яка дорівнює гідравлічній глибині аеротенка $H = 5$ м.

Інтенсивність аерації в аеробному стабілізаторі не повинна бути меншою $6 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$ [1, п. 6.366].

Витрата ущільненого аеробно стабілізованого осаду складає:

$$V_{\text{заг.}}^y = \frac{M_{\text{сух.}}^{a.c.} \cdot 100}{100 - W_{a.c.}^y}, \text{ м}^3 / \text{добу}, \quad (4.5.8)$$

$$V_{\text{заг.}}^y = \frac{3,4 \cdot 100}{100 - 96,5} = 97 \text{ м}^3 / \text{добу},$$

де $W_{a.c.}^y = 96,5-98,5$ % - вологість ущільненого аеробно стабілізованого осаду [1, п. 6.367]. Приймається 96,5%.

Мулова вода направляється в аеротенки у кількості:

$$V_{\text{м.в.}} = V_{ac} - V_{\text{заг.}}^y, \text{ м}^3 / \text{доб.} \quad (4.5.9)$$

$$V_{\text{м.в.}} = 1600 - 97 = 1503 \text{ м}^3 / \text{добу}.$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ6116.ДП | Арк. |
| | | | | | | 72 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ

На станціях очищення стічних вод, як і на інших підприємствах, існують небезпечні і шкідливі фактори, такі як: підвищена вологість в приміщенні; підвищений шум і вібрація; рухомі елементи обладнання (лебідки, скребки, обприскувачі, механічні мішалки); небезпечний рівень напруги в електричному ланцюзі; патогенні мікроорганізми, що присутні в стічних водах, яйця гельмінтів, газоподібні токсичні та вибухонебезпечні речовини.

У зв'язку з наявністю цих факторів приймаються заходи по охороні праці для поліпшення умов праці і безпеки на підприємстві [18].

На підставі аналізу небезпечних і шкідливих виробничих факторів запропоновано заходи щодо створення безпечних умов праці і вимог пожежної безпеки.

Повітря робочої зони

Згідно ДСН 3.3.63042-99, працівники виконують роботу категорії середньої тяжкості ІІ В, лабораторні працівники виконують роботу категорії легкого ступеня тяжкості Іб, робота в цеху відноситься до категорії Іа.

Кількість технологічних і вентиляційних викидів в повітря невелика і не має шкідливого впливу на навколишнє середовище.

З метою зниження шкідливих виробничих факторів впроваджені такі заходи:

- всі об'єкти і робочі місця, що використовують шкідливі речовини, оснащені системами витяжної вентиляції, що забезпечують вміст шкідливих речовин в повітрі на робочому місці нижче ГДК;
- обладнання для хлорування, розташоване в установках очисних споруд, ізолювано від іншого. Для нього забезпечують аварійну вентиляцію [19].

Виробниче освітлення

При роботі на очисних спорудах недостатнє освітлення не лише втомлює очі, а й призводить до зниження продуктивності праці, надмірна яскравість

| | | | | | | | |
|----------|------|---------------|--------|------|--------------------------------------|------|---------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ6116.ДП | | |
| | | | | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ | | |
| Розроб. | | Проніна Я.А. | | | | | |
| Конс. | | | | | | | |
| Керів. | | Зубченко Л.С. | | | | | |
| Затверд. | | | | | | | |
| | | | | | Стадія | Арк. | Акрушів |
| | | | | | | 73 | 88 |
| | | | | | КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ | | |

може спричинити головний біль, порушення гостроти зору та навіть тимчасове засліплення [20].

Усі агрегати та механізми у приміщеннях забезпечуються природним та штучним освітленням. Крім робочого освітлення передбачається аварійне освітлення електричними ліхтарями.

Захист від виробничого шуму та вібрації

Основними законодавчими документами з охорони праці стосовно вібрації є ДСН 3.3.6.039-99 [21]. Щоб послабити вібрацію, яка може передаватися на робоче місце застосовують амортизуючі сидіння та вібропоглинаючі настили.

Для індивідуального захисту використовують рукавиці та спеціальне взуття. При роботі з ручними машинами, сумарний час роботи в контакті з вібрацією не повинен перевищувати 2/3 робочої зміни.

На виробничих об'єктах для боротьби з шумом проводять такі заходи:

- усунення джерел шуму чи послаблення в процесі конструювання обладнання;
- застосовувати засоби індивідуального захисту;
- профілактичні заходи медичного характеру;
- раціональне планування приміщень та цехів [21];

Електробезпека

Електричне обладнання живиться від трьохфазної електричної мережі.

Напруга в мережі $U = 220 - 380 \text{ В}$, потужність $N = 380 \text{ кВт}$.

Потужність споживається електродвигунами насосів, вентиляторів і повітродувок. Електричні приймачі станції очистки води відносяться до споживачів першої категорії за джерелами безперебійного живлення..

Для запобігання ураження електричним струмом працівників передбачені наступні заходи::

- використання захисного заземлення корпусу обладнання для забезпечення електробезпеки;

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ6116.ДП | Арк. |
| | | | | | | 74 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

- діелектричні рукавички, інструменти з ізольованими ручками, діелектричне взуття і ізолюючі підставки повинні використовуватися для обслуговування електроустановок;

- ізоляція струмоведучих частин і огорожі устаткування;

- встановлення попереджуючих табличок та написів [22].

Пожежна безпека

Протипожежний захист об'єктів і будівель повинен відповідати вимогам Закону України «Про пожежну безпеку» та ДБН 360-92.

Пожежні гідранти повинні бути функціональними і доступними для використання.

Системи водопостачання та каналізації повинні бути обладнані пожежними щитами та стендами, що забезпечені протипожежним устаткуванням [23].

У приміщенні насосної станції потрібно вивісити загальну схему протипожежного водопостачання та схему обв'язки насосів.

Забороняється використовувати відкритий вогонь і дим у приміщеннях резервуарів і решіток, в приміщеннях, де встановлено обладнання для хлорування.

Забороняється паління біля відкритого колодязя, використовувати вогонь у колодязі та над відкритим люком.

При експлуатації виробничих та складських приміщень в них повинні дотримуватись вимог Правил пожежної безпеки в Україні.

Майданчики, де розміщені метантенки та газгольдери повинні мати огорожу [23].

Безпека обслуговування обладнання

Двигуни можуть експлуатуватися тільки кваліфікованим персоналом, який пройшов навчання і перевірку знань в галузі охорони праці.

Всі роботи, пов'язані з розвантаженням сипких реагентів і приготуванням розчинів, виконуються з використанням захисних окулярів, захисного одягу і

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ6116.ДП | Арк. |
| | | | | | | 75 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

гумових рукавичок. Вапняний розчин готується в протигазі.

Робочі проходи навколо піскоуловлювачів влаштовують за допомогою огорож, які забезпечують зручне і безпечне перекривання шибер й очищення камери від піску. Решітки очищають тільки граблями. У разі механічного очищення решіток відходи, що залишилися на граблях, скидаються у спеціально призначений контейнер.

Пісковловлювачі по мірі накопичення осаду очищаються вручну бригадою не менше трьох осіб.

Хлораторні та амонізаційні установки обслуговуються кваліфікованим персоналом, який повинен знати, як поводитися з захисними засобами методами усунення витоків хлору та аміаку.

Відходи, що підлягають вивезенню, повинні зберігатися в контейнерах з кришками і щодня посипатися хлорним вапном з використанням засобів індивідуального захисту. Контейнери повинні перевірятися на справний стан не рідше одного разу на рік.

Відбір проб стічних вод з відкритих майданчиків слід проводити з робочих місць із захисним парканом. Обертові частини приводів мулових скребків відстійників повинні мати захисні огороження.

Забороняється очистка ходового шляху візків мулових скребків та мулососів відстійників вручну.

Споруди мулових майданчиків для сушіння осаду повинні мати зручні підходи і огорожу, що забезпечують безпечну роботу оператора.

Охорона вод включає систему заходів, які спрямовані на попередження й усунення наслідків забруднення, засмічення й виснаження вод. На основі комплексного системного підходу розроблено комплекс стандартів у галузі охорони вод.

Цілями цього комплексу є забезпечити водокористувачів водою необхідної якості та достатньої кількості, раціональне використання вод, збереження водних об'єктів та екосистем.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ6116.ДП | Арк. |
| | | | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 76 |

Також важливим є застосування заходів щодо охорони малих річок. Для малих річок існує велика небезпека замулення, так як вони мають невеликі витрати води та слабе розбавлення стоків [24, 25].

Охорона довкілля

Основні напрямки вирішення проблеми захисту навколишнього середовища:

- 1) Розробка і удосконалення технологічних процесів, удосконалення устаткування.
- 2) Заміна токсичних відходів на нетоксичні, неутилізовані на утилізовані.
- 3) Рациональне розміщення джерел забруднення, винесення підприємств за межі міста.
- 4) Створення безвідходної технології.
- 5) Розробка системи переробки відходів виробництва у вторинні матеріальні ресурси [26].

Якщо не проводити якісне очищення стічних вод промислових підприємств, то забруднене середовище призводить до цілого ряду проблем. У стічних водах харчових підприємств, таких як плодоовочеві консервні заводи, містяться органічні забруднення, яйця гельмінтів і патогенна мікрофлора. Попадання таких забруднень в питну воду може стати причиною спалахів інфекційних захворювань людей. Неочищені стічні води промислових підприємств впливають на колір, запах і присмак води, порушують кислотно-лужний баланс середовища. Рослинні і тваринні жири при попаданні в річки і озера утворюють на поверхнях водойм плівку, яка перешкоджає збагаченню води киснем. Все це погіршує якість води і робить її непридатною для пиття і використання в побутових та рекреаційних цілях. Разом з неочищеними стічними водами промислових підприємств у водойми потрапляють шкідливі для риб, тварин і людей отруйні речовини [27].

Використання осадів стічних вод у якості органічних добрив – найбільш поширений метод їх використання.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ6116.ДП | Арк. |
| | | | | | | 77 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Застосування кеку в якості органо- мінеральних добрив передбачає обов'язкову попередню оцінку можливого накопичення в ґрунтах удобрюваних площ ряду шкідливих домішок що можуть бути присутніми у складі вказаних добрив [28].

Іншими напрямками використання осаду (кеку) стічних вод є корми для тварин, застосування у якості сировини (для власного виробництва або інших підприємств), товарних продуктів (із органічних відходів, отриманих шляхом піролізу, із жировмісних відходів стічних вод), матеріалів (для будівельної промисловості), енергетики і товарів (отримані на базі утилізації газу метантенків) [29, 30].

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ6116.ДП | Арк. |
| | | | | | | 78 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

ВИСНОВКИ

1. В дипломному проекті на основі літературних джерел проаналізовано фізико-хімічний склад виробничих стічних вод плодоовочеконсервного заводу, етапи їх утворення та очищення. Основними забрудниками є завислі речовини, БСК_{повн}, ХСК. Проаналізовано та обрано найбільш ефективну технологію попереднього очищення стічних вод овочеконсервного заводу – анаеробно-аеробну технологію, яка складається з метантенка, вторинного відстійника анаеробного мулу, аеротенка-відстійника і вторинного відстійника аеробного мулу. Завдяки цій технології досягається високий ступінь очищення стічних вод: концентрація завислих речовин 150 мг/дм³, БСК 300 мг/дм³, ХСК 390 мг/дм³.

2. Було розраховано витрати стічних вод, концентрації забруднень стічних вод міста та плодоовочеконсервного заводу, необхідний ступінь очищення стічних вод. Відповідно до розрахунків для скидання в річку потрібно забезпечити повне біологічне очищення стічної.

Також розроблено технологію біологічного очищення суміші стічних вод заводу та міста, яка включає механічне очищення на решітках, пісковловлювачах та первинних відстійниках, біологічне очищення в аеротенку-витиснювачі з регенерацією активного мулу, аеробну стабілізацію осадів та подальше механічне зневоднення осадів на вакуум-фільтрі.

3. Охарактеризовано аеробний активний мул як біологічний агент очищення стічних вод та розглянуто основні біохімічні перетворення, які відбуваються в процесі очищення стічних вод, а саме адсорбція поверхнею активного мулу органічних речовин і мінералізація речовин, що легко окиснюються, при інтенсивному використанні кисню та доокиснення органічних речовин, що повільно окиснюються, регенерація активного мулу. Розроблено технологічну та апаратурну схеми очищення суміші стічних вод міста та плодоовочеконсервного заводу та виконано креслення апаратурної

| | | | | | | | | |
|----------|------|---------------|--------|------|---------------|--------|-------------------------------|---------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ6116.ДП | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | ВИСНОВКИ | Стадія | Арк. | Акрушіє |
| Розроб. | | Проніна Я.А. | | | | | | |
| Конс. | | | | | | | 79 | 88 |
| | | | | | | | | |
| Керів. | | Зубченко Л.С. | | | | | КПІ ім. Ігоря Сікорського,ФБТ | |
| Затверд. | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

та технологічної схеми.

4. Розраховано споруди для біологічного очищення та виконано креслення споруди для аеробної обробки осадів – аеробного стабілізатора. Прийнято споруду для стабілізації осадів – аеробний стабілізатор на основі аеротенка-змішувача за типовим проектом з корисним об'ємом – 11200 м³, робочою глибиною 5 м, шириною коридору 3 м.

5. Проаналізовано та розглянуто основні заходи з охорони праці та охорони навколишнього середовища, які мають бути враховані при експлуатації водоочисної станції.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ6116.ДП | Арк. |
| | | | | | | 80 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Лихачев Н.И., Ларин И.И., Хаскин С.А. и др. Канализация населенных мест и промышленных предприятий / под общ. ред. В. Н. Самохина. : 2-е изд., перераб. и доп. М.: Стройиздат, 1981. – 639 с.
2. Водний кодекс України : Закон України від 06.06.1995 № 213/95-ВР. Відомості Верховної Ради України, 1995, № 24, – Ст.189.
3. Воронов Ю.В., Яковлев С.В. Водоотведение и очистка сточных вод. Учебник для вузов. М. Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. – 704 с.
4. ДБН В.2.5-75:2013. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. «УкрНДІводоканалпроект». К.: Мінрегіон України, 2013. – 134 с.
5. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Біотехнології очищення води» напряму підготовки 6.051401 - біотехнологія. Електронне видання. Уклад.: Саблій Л.А., Бойчук С.Д., Жукова В.С. – К.: НТУУ «КПІ», 2013. – 58с.
6. Гіроль М.М., Гіроль А.М., Гіроль А.М. Технології водовідведення промислових підприємств: навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2013. – 625 с.
7. Когановский А.М., Клименко Н.А., Левченко Т.М., Марутовский Р.М., Очистка и использование сточных вод в промышленном водоснабжении. – М.: Химия, 1983. – 288 с.
8. Запольський А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води/А.К. Запольський-Київ.: Вища школа, 2005. – 670 с.
9. Хенце М. Очистка сточных вод: Пер. с англ./Хенце М., Армоэс П., Ля-Кур-Янсен Й., Арван Э. М: Мир, 2004. – 480 с.
10. Колесников В.П., Вильсон Е.В. Современное развитие технологических процессов очистки сточных вод в комбинированных

| | | | | | | | |
|----------|------|---------------|--------|------|--|------|---------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ6116.ДП | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | |
| Розроб. | | Проніна Я.А. | | | ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ | | |
| Конс. | | | | | | | |
| Керів. | | Зубченко Л.С. | | | | | |
| Затверд. | | | | | | | |
| | | | | | Стадія | Арк. | Акрушів |
| | | | | | | 81 | 88 |
| | | | | | КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ | | |

сооружениях: Под редакцией академика ЖКХ РФ В.К. Гордеева-Гаврикова. – Ростов-на-Дону: Издательство «Юг», 2005. – 212 с.

11. Мосин О. В. «Биологическая очистка сточных вод». М.: Высшая школа, 2006. — 150 с.

12. Очистка промышленных сточных вод. Решения. Консервные за-воды [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ntio.net/ochistka-promyshlennyh-stochnyh-vod/resheniia/konservnye-zavody>.

13. Технологический комплекс очистных сооружений консервных за-водов по утилизации очищенных сточных вод для сохранения плодородия почв [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kaicc.ru/node/2659>.

14. Шонина, Н. А. Водопользование и очистка сточных вод предпри-ятий по переработке овощей и фруктов. Опыт Германии / Н. А. Шонина // Сантехника. – 2015. – № 3. – С. 34–39.

15. СанПиН 4630-88 Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения. М.:1988. – 68 с

16. Васильев С. М., Домашенко Ю. Е., Ляшков М. А., Матвиенко А. О., Митяева Л. А., Глущенко Ю. Ю. Анализ источников формирования сточных вод на агропредприятиях, их качественных и количественных показателей (научный аналитический обзор) ФГБНУ «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации», г. Новочеркасск. – 2017

17. Саблій Л. А. Обладнання – та проектування в біоенергетиці та водоочищенні і управління безпекою праці: підруч. Рівне, 2018. – 356 с.

18. НАПБ 06.004-07 «Перелік однотипних за призначенням об'єктів, які підлягають обладнанню автоматичними установками пожежогасіння та пожежної сигналізації» Чинний від 03.08.2007. Київ: МНС, 2007.

19. ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку». Чинний від 01.12.1999. –Київ: МОЗ, 1999.

20. НПАОП 40.1-1.01-97 «Правила безпечної експлуатації електроустановок». Чинний від 06.10.1997. – Київ: Державний комітет України по нагляду за охороною праці, 1997.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ6116.ДП | Арк. |
| | | | | | | 82 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

21. Домарецький В.А., Остапчук М.В., Українець А.І. Технологія харчових продуктів. - К.: НУХТ, 2003. – 569 с.
22. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ Л.Л., БУХКАЛО С.І., КАПУСТЕНКО П.О., ОРЛОВА Є.І. Загальна технологія харчових виробництв у прикладах і задачах: підручник. К.: Центр навчальної літератури, 2005. – 496 с.
23. Біохімічні процеси екологічних технологій: Курс лекцій з дисципліни для студ. напряму 6.040106 “Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування” ден- та заочн- форм навч. / уклад. Н.О.Бублієнко, О.І.Семенова, Т.Л.Ткаченко. К.: НУХТ, 2012. – С 35-45.
24. Ковальчук В.А. Очистка стічних вод. Рівне: ВАТ «Рівненська Друкарня», 2002. – 622 с.
25. Губський Ю.І. Біологічна хімія : Київ-Вінниця: Нова книга. 2007.– 191 с.
26. Переработка фруктов и овощей: руководство по экологическим и социальным вопросам по отраслям. European Bank for reconstruction and development, 2009.
27. Очистка промышленных сточных вод // Новый журнал. – 2012.
28. Семенова О.І., Решетняк Л.Р., Ткаченко Т.Л., Бублієнко Н.О., Характеристика гідробіологічного складу аеробного активного мулу: // Наукові праці Національного університету харчових технологій Науковий журнал. – № 33. – 2010.
29. Кутикова Л. А. Фауна аеротенков (Атлас). Л.: Наука, 1984. – 264 с.
30. НПАОП 60.1-1.01-04 “Про затвердження Правил охорони праці під час експлуатації водопровідно-каналізаційних споруд на залізничному транспорті.” Чинний від 2.11.2004 р: Редакція від 02.12.2007. – Київ: Державний комітет України по нагляду за охороною праці, 2007.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ6116.ДП | Арк. |
| | | | | | | 83 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

ДОДАТКИ

Додаток А

Таблиця А.1 – Значення константи швидкості споживання кисню при температурі, °С

| | | | | | | | | |
|-------|------|------|------|-----|------|------|------|------|
| T, °С | 12 | 15 | 18 | 20 | 22 | 24 | 26 | 28 |
| k | 0,07 | 0,08 | 0,09 | 0,1 | 0,11 | 0,12 | 0,13 | 0,14 |

Таблиця А.2 – Тривалість відстоювання t_{set} води в залежності від ефекту E_{set} її освітлення [1, табл.30]

| Ефект освітлення, E_{set} , % | Тривалість відстоювання у станартному циліндрі t_{set} , с, при концентрації $C_{зр}$ завислих речовин, мг/л | | | |
|------------------------------------|---|------|-----|-----|
| | 100 | 200 | 300 | 400 |
| 30 | 900 | 540 | 320 | 260 |
| 40 | 1320 | 650 | 450 | 390 |
| 50 | 1900 | 900 | 640 | 450 |
| 60 | 3800 | 1200 | 870 | 680 |

Таблиця А.3 – Залежність коефіцієнта α від температури t , [3, стор. 103]

| | | | | |
|----------|------|------|------|------|
| α | 1,00 | 1,14 | 1,30 | 1,50 |
| t | 20 | 15 | 10 | 6 |

Таблиця А.4 – Залежність показника ступеня n_2 від ефекту E_{set} освітлення та концентрації завислих речовин $C_{зр}^n$, [1, рис.2]

| Ефект освітлення, E_{set} , % | Коефіцієнт n_2 , при початковій концентрації $C_{зр}$ завислих речовин, мг/л | | | |
|------------------------------------|---|------|------|------|
| | 150 | 200 | 300 | 400 |
| 50 | 0,38 | 0,31 | 0,20 | 0,14 |
| 60 | 0,45 | 0,37 | 0,27 | 0,21 |
| 70 | 0,27 | 0,16 | 0,12 | 0,10 |

Таблиця А.5 – Розрахункові параметри первинних відстійників, [1, табл. 31]

| Відстійник | K_{set} | H_{set} , м | B_{set} , м | v_{set} , мм/с |
|----------------|-----------|---------------|-------------------|------------------|
| Горизонтальний | 0,50 | 1,5...4,0 | $(2...5) H_{set}$ | 5...10 |
| Радіальний | 0,45 | 1,5...5,0 | - | 5...10 |
| Вертикальний | 0,35 | 2,7...3,8 | - | - |

| | | | | | | | |
|----------|---------------|----------|--------|------|----------------------|--------------------------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ6116.ДП | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | |
| Розроб. | Проніна Я.А. | | | | ДОДАТКИ | Стадія | Арк. |
| Конс. | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| Керів. | Зубченко Л.С. | | | | | | |
| Затверд. | | | | | | КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ | |
| | | | | | | 84 | 88 |

Таблиця А.6 – Розрахункові параметри первинних відстійників, [1, табл. 32]

| | | | |
|--------------|---|------|-----|
| v_w , мм/с | 5 | 10 | 15 |
| v , мм/с | 0 | 0,05 | 0,1 |

Таблиця А.7– Розчинність кисню у воді при тиску 0,1 МПа [4, табл. 3.5]

| Температура, °С | C_T , мг/дм ³ | Температура, °С | C_T , мг/дм ³ |
|-----------------|----------------------------|-----------------|----------------------------|
| 14 | 10,26 | 20 | 9,02 |
| 16 | 9,82 | 22 | 8,67 |
| 18 | 9,4 | 24 | 8,33 |

Таблиця А.8– Значення мулового індексу [1, табл. 41]

| Стічні води | Муловий індекс J , см ³ /г при навантаженні на мул q , мг/г·доб | | | | | |
|-------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 |
| Міські | 130 | 100 | 70 | 80 | 95 | 130 |

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ6116.ДП | Арк. |
| | | | | | | 85 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Специфікація обладнання та КВП

| Позиція | Позначення | Найменування | Кількість | Маса, кг | Примітка |
|---|------------|---|-----------|-------------|------------------------|
| ПЗ-1 | | Повітрозабірник, висота 4,5 м | 1 | | |
| Ф-2 | КдМ-1000 | Масляний фільтр попереднього очищення. Ефективність 80% | 1 | | Збірний |
| В-3 | Тп-178-1,6 | Повітродувка. Продуктивність від 2 до 1000 м ³ /год. Стиснення повітря 0,163 Мпа. Потужність електродвигуна 360кВт | 1 | | Збірний |
| Д-4 Д-6 Д-7 Д-15 Д-28 | | Об'ємно-ваговий дозатор для сипких сполук | 5 | | Неірж. сталь 12Х18Н10Т |
| Р-18 Р-23 | ВЕЕ | Реактори з перемішуючим пристроєм – лопатевою мішалкою. Робочий об'єм 5 м ³ . Потужність електродвигуна 250кВт | 2 | | Неірж. сталь 12Х18Н10Т |
| Н-8 Н-11 Н-12 Н-21 Н-26 Н-31 Н-33 | СМ 100 -65 | Насос відцентровий горизонтальний консольний з робочим колесом закритого типу | 7 | | Збірний |
| РД-13 | | Решітка-дробарка. Швидкість потоку рідини 1 м/с. Кількість прозорів в решітці 21. Розмір прозорів 0,016 м. | 2 | | Збірний |
| П-14 | | Пісковловлювач. Швидкість руху 0,15-0,3 м/с. | 2 | | Збірний |

| | | | | | | | |
|----------|---------------|----------|--------|------|-----------------------------------|--------------------------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ6116.ДП | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | |
| Розроб. | Проніна Я.А. | | | | СПЕЦИФІКАЦІЯ ОБЛАДНАННЯ ТА КВП | | |
| Конс. | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| Керів. | Зубченко Л.С. | | | | | | |
| Затверд. | | | | | | | |
| | | | | | | Стадія | Арк. |
| | | | | | | | 86 |
| | | | | | | | 88 |
| | | | | | | КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ | |

| | | | | | |
|-------|--|---|---|--|---------------------------|
| В-15 | | Первинний відстійник. Діаметр 30 м, глибина робочої частини 3,4 м. Тривалість відстоювання 645 с. Ефективність освітлення 49%. | 2 | | Збірний |
| А-16 | | Чотирьохкоридорний аеротенк-витиснювач Ширина кожного коридору 9 м, довжина 113м, робоча глибина 5 м загальний об'єм 12888 м ³ . | 4 | | Збірний |
| В-17 | | Вторинний відстійник. Діаметр 24 м, гідравлічна глибина 3,7м. | 3 | | Збірний |
| Р-18 | | Реактор для перемішування води з хлорною водою | 1 | | Неірж. сталь 12Х18Н10Т |
| КР-19 | | Контактний резервуар. Продуктивність 85 тис. м ³ /доба. Глибина 4 м, ширина 6 м та довжина 24 м. | 2 | | Збірний |
| МУ-20 | | Мулоущільнювач. Тривалість ущільнення 5 год. | 1 | | Збірний |
| АС-22 | | Аеробний стабілізатор. Кількість коридорів -3, ширина кожного коридору 6 м, довжина 42м, робоча глибина 5 м загальний об'єм 11200 м ³ . Тривалість 7 діб | 3 | | |
| Р-23 | | Камера дегельмінтизації осаду. | 1 | | Неірж. сталь 12Х18Н10Т |
| КП-24 | | Камера промивки осаду. Тривалість 30 хв. | 1 | | |

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ6116.ДП | Арк. |
| | | | | | | 87 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

| | | | | | |
|--|------------------|--|---|--|-------------------------------------|
| МУ-25 | | Мулоущільнювач. Тривалість ущільнення 12год. Вологість осаду 96%. | 2 | | Збірний |
| Р-27 | | Реактор для змішування осаду із коагулянтном. Механічне перемішування –лопатева мішалка. | 2 | | |
| Ф-29 | | Вакуум-фільтр. Продуктивність 25 кг/(м ² ·год). Розрідження 0,05 МПа. Тривалість періоду фільтрування 4 хв. Вологість осаду 65%. | 2 | | Збірний |
| АММ-30 | | Аварійний муловий майданчик для підсушування осаду. | 1 | | |
| ПМ-32 | | Пісковий майданчик для підсушування піску та інших мінеральних домішок | 2 | | |
| КП-1.1 КП-2.1 КП-2.2 | ОБМ-160 | Манометр Діаметр корпуса: 63 мм. Клас точності: 2,5, діапазон вимірювання 0-1,0МПа, | 3 | | Неірж. сталь 12Х18Н10Т |
| КП-3.1 | РС-28 | Датчик вимірювання тиску. Мінімальна ширина діапазона 1,5 кПа. | 1 | | Неірж. сталь 12Х18Н10Т |
| КП-5.1 КП-9.1 КП-13.1 КП-14.1 КП-18.1 КП-27.1 | ЕЕ820 | Датчик для вимірювання концентрації розчину. Вихідний сигнал - 4...20мА. | 6 | | |
| КП-16.1 КП-16.2 | FYA 700 | Датчик для вимірювання концентрації кисню. . Розміри: висота 43 мм х Ø 29.3 мм | 2 | | |
| КП-22.1 КП-22.2 | ОВП | Датчик для вимірювання рН. Діапазон вимірювання: 2-12. | 2 | | Твердий полімерний електроліт |
| КП-16.3 КП-22.3 КП-23.1 | ТКП-160Сг- М2 | Термометр манометричний, конденсаційний. Межі вимірювань 0...120°С. Клас точності 1.5. | 3 | | Неірж. сталь 12Х18Н10Т |

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ6116.ДП | Арк. |
| | | | | | | 88 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |